

MARCOS VINÍCIUS RIBAS MILLÉO

**EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE
NA PRODUÇÃO E NA QUALIDADE DO ÓLEO
E DA SEMENTE DE CANOLA
*[Brassica napus L.var. oleifera]***

Dissertação apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de "Mestre" do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração "Fitotecnica", Produção Vegetal. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Luiz Doni Filho

GURITIBA
1996

MARCOS VINÍCIUS RIBAS MILLÉO

EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE NA PRODUÇÃO E NA
QUALIDADE DO ÓLEO E DA SEMENTE DE CANOLA


(*Brassica napus* L. var. *oleifera*)

Dissertação “ aprovada ” com o conceito “ A ” como requisito parcial para a
obtenção do grau de mestre no curso de Pós-graduação em Produção Vegetal
da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

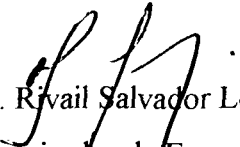
Orientador:


Dr. Luiz Doni Filho

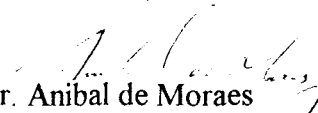
Professor do Setor de Ciências Agrárias, UFPR


Msc. Henrique S. Koehler


Professor do Setor de Ciências Agrárias, UFPR


Dr. Rivaldo Salvador Lourenço

Pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
(EMBRAPA)


Dr. Anibal de Moraes

Professor do Setor de Ciências Agrárias, UFPR


Dr. Edilberto Possamai

Professor do Setor de Ciências Agrárias, UFPR

Curitiba, 20 de agosto de 1996

À Karina Isabella Milléo, César e Josephina
Milléo, minha esposa, meu saudoso pai e minha
mãe,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Doni Filho, pela orientação, amizade, confiança e pelo exemplo de entusiasmo e dedicação à pesquisa e ao ensino da Agronomia.

Aos professores Henrique S. Koehler e Cícero Deschamps pela co-orientação e auxílio na condução dos trabalhos.

Ao Engenheiro Agrônomo Rivail Salvador Lourenço pelas sugestões, orientações e conselhos.

À professora Maria Elisabete Doni pelo apoio, sugestões, orientações e conselhos.

Aos Professores Amir Pissaia, Edelclaiton Daros e José Luís C. Zambon pelas sugestões e apoio.

À Bibliotecária Liliana Luisa Pizzolato e funcionários da Biblioteca de Ciências Agrárias da UFPR, pelo apoio.

À Nerilde Favaretto e aos colegas de curso pela amizade, companheirismo e colaboração.

À Gisela Biassio, Ivo Marcos Carraro e Mariliza Müller, amigos que colaboraram com os trabalhos.

Às empresas Cioccolato, Plântula Comércio de Produtos Agropecuários, Tayná Agropecuária, e ZENECA Brasil, pela colaboração técnica e financeira.

À César Antônio Ribas Milléo, meu irmão e amigo, pelo estímulo e apoio.

A todos aqueles que participaram durante alguma fase do trabalho e contribuíram à realização do mesmo.

A Deus, sem o qual não chegaria ao final desta obra.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DA LITERATURA	04
2.1 O ENXOFRE	05
2.2 RESPOSTA AO ENXOFRE	08
2.3 ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES COM ENXOFRE	11
2.4 EFEITO DO ENXOFRE NA QUALIDADE DO ÓLEO E DA SEMENTE	12
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1 SOLO E CLIMA	16
3.2 HISTÓRICO DA ÁREA	17
3.3 ÉPOCAS DO INÍCIO E DO TÉRMINO DOS ENSAIOS.	18
3.4 ESPÉCIE, CULTIVAR	19
3.5 TRATAMENTOS	19
3.6 CARACTERÍSTICAS DAS PARCELAS E DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	20

3.7 TÉCNICAS CULTURAIS	22
3.8 AVALIAÇÕES.....	24
3.8. 1 ESTATURA DE PLANTAS.....	24
3.8. 2 NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA.....	24
3.8. 3 ÍNDICE DE ACAMAMENTO.....	25
3.8. 4 NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA.....	25
3.8. 5 NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA.....	25
3.8. 6 QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA.....	26
3.8. 7 PRODUÇÃO DE GRÃOS EM kg/ha.....	26
3.8. 8 TEOR DE ÓLEO E PROTEÍNA.....	27
3.8. 9 TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO E DE GLUCOSINOLATOS.....	27
3.8. 10 MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE.....	28
3.8. 11 PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO E VIGOR.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 ESTATURA DE PLANTAS.....	32
4.2 NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA.....	38
4.3 ÍNDICE DE ACAMAMENTO.....	40
4.4 NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA.....	41
4.5 QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA.....	44
4.6 NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA.....	50
4.7 PRODUÇÃO DE GRÃOS.....	52
4.8 TEOR DE ÓLEO.....	57

4.9 TEOR DE PROTEÍNAS.....	61
4.10 TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM PORCENTAGEM DO TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS.....	66
4.11 TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM $\mu\text{mol/g}$ DE FARELO SECO.....	71
4.12 MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE.....	76
4.13 PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO.....	82
4.14 PORCENTAGEM DE VIGOR.....	84
4.15 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
5 CONCLUSÕES.....	89
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
7 ANEXOS.....	95

LISTA DE TABELAS

1	RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO REALIZADA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-01, NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1994.....	17
2	RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO REALIZADA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-10, NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1995.....	17
3	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO EM mm DE CHUVA OCORRIDO DURANTE O CICLO DE DESENVOLVIMENTO DA CANOLA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-01, NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1994.....	18
4	ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO EM mm DE CHUVA OCORRIDO DURANTE O CICLO DE DESENVOLVIMENTO DA CANOLA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-10, NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1995.....	18
5	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A ESTATURA DE PLANTAS DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA- PR).....	36
6	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA -PR.).....	39
7	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA- PR).....	43

8	EFEITOS DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR).....	48
9	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA EM PLANTAS DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR).....	51
10	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PRODUÇÃO DE GRÃOS EM PLANTAS DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR).....	55
11	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA - PR).....	59
12	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR).....	59
13	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE PROTEÍNAS EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR).....	64
14	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR).....	69

15	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM FARELO DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR).....	74
16	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA- PR)..	83
17	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE VIGOR EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR).....	84

LISTA DE FIGURAS

1	CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL DOS ENSAIOS DE “EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE NA PRODUÇÃO, NA QUALIDADE DO ÓLEO E DA SEMENTE DE CANOLA” (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleífera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41 REALIZADOS NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA- PR NOS ANOS DE 1994 E 1995.....	21
2-A	ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleífera</i>).....	31
2-B	ESTÁDIOS/DIAS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleífera</i>).....	31
3	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A ESTATURA DE PLANTAS DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleífera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR).....	37
4	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleífera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA- PR).....	40
5	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleífera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA- PR).....	43
6	EFEITOS DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleífera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA -PR).....	49

7	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR).....	52
8	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PRODUÇÃO DE GRÃOS EM PLANTAS DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR).....	56
9	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA-PR).....	60
10	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR).....	60
11	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE PROTEÍNAS EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR).....	65
12	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR).....	70
13	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM FARELO DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR).....	75
14	MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE NA CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>) CULTIVAR ICIOLA-41, REALIZADA COM A DOSE 3-(100 kg/ha) EM ÉPOCA 4-(1/3 NA SEMEADURA, 1/3 B-6 E 1/3 D-1), FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA-PR.....	77

15-A	MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE NA CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>) CULTIVAR ICIOLA-41, REALIZADA COM A DOSE 3 (100 kg/ha) EM ÉPOCA 4 (1/3 NA SEMEADURA, 1/3 B-6 E 1/3 D-1), FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA- PR.....	80
15-B	MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE NA CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>) CULTIVAR ICIOLA-41, REALIZADA COM A DOSE “0” (0 kg/ha), FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR.....	81
16	EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR)...	83
17	EFEITOS DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE VIGOR EM SEMENTES DE CANOLA (<i>Brassica napus</i> L. var. <i>oleifera</i>), CULTIVAR ICIOLA-41. (FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA -PR).....	85

RESUMO

A canola pode ter o seu desenvolvimento e produção afetados quantitativamente e qualitativamente pelo enxofre, uma vez em deficiência as produtividades são baixas e em excesso pode ocorrer a elevação dos teores de ácido erúico e glucosinolatos e até fitotoxidez. O seu cultivo no estado do Paraná segue às recomendações técnicas da rede de pesquisa e mesmo utilizando-se práticas culturais semelhantes, ocorreram variações das produtividades em função dos diferentes locais de cultivo. Após análises comparativas dos padrões de fertilidade do solo e realizando-se a adubação de base com nitrogênio, fósforo e potássio, verificou-se a necessidade da aplicação de enxofre, macronutriente essencial deficiente nas regiões onde ocorreram as baixas produtividades. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de doses e de épocas de aplicação de enxofre na produção, na qualidade do óleo e da semente de canola e também observar a marcha de absorção do elemento na planta, quando cultivada num solo deficiente em enxofre. Foram utilizadas quatro doses de enxofre (25, 50 e 100 kg/ha, e uma dose testemunha “0”kg/ha) em quatro épocas de aplicação, (1-na semeadura, 2-estádio B-6-seis folhas, 3-estádio D-1-elongação e formação dos botões e 4-parcelada: 1/3 na semeadura, 1/3 em B-6 e 1/3 em D-1), sobre a cultivar de canola ICIOLA-41 em Ponta Grossa-PR, nos anos de 1994 e 1995, neste último sob irrigação. Verificou-se que os fatores doses e épocas de aplicação de enxofre interferem juntos na maioria das variáveis (estatura, quantidade total de matéria seca, número de ramificações por planta, número de siliquas por planta, número de grãos por siliqua, produção de grãos, teor de proteína, teor de ácido erúico, teor de glucosinolatos e porcentagem de germinação) e na medida em que a dose aumenta, a produção e a qualidade se tornam maiores para todas as variáveis testadas com exceção dos teores de óleo, do índice de acamamento e da porcentagem de vigor. A dose de 100 kg/ha foi a que maior benefício trouxe para a cultura, para quase todos os parâmetros avaliados, a época “3” é uma opção alternativa para a aplicação em uma só vez de enxofre visando a otimização da produção com menos custos de aplicação por hectare e a época “4”, como aplicação parcelada de enxofre é a mais indicada, pois manteve constante a sua disponibilidade. As melhores respostas de produção e qualidade foram obtidas quando a aplicação foi feita nos estádios mais avançados em relação à semeadura. O padrão “canola” para ácido erúico (até 2%) e glucosinolatos (até 30 $\mu\text{mol/g}$) não foi alterado por nenhuma das doses testadas. A marcha de absorção de enxofre possibilitou verificar que no momento em que os internódios começam a ficar visíveis e se inicia a elongação (estádio C-2), ocorre elevação na quantidade de enxofre acumulado na planta, no estádio em que as dez primeiras siliquas atingem comprimento superior a 4 cm (estádio G-3), ocorre o maior acúmulo do elemento na planta e o período que vai do início do estádio de roseta (B-6) ao início da floração (F-1), é aquele onde se deve aplicar enxofre, para que este esteja disponível para a planta nos estádios mais importantes do crescimento. A diferença entre o ensaio conduzido sem irrigação em 1994 e o ensaio irrigado em 1995, foi observada pela menor estatura de plantas, a menor quantidade de matéria seca e a menor produção de grãos que em 1994 sofreram redução em função da baixa disponibilidade de água no solo.

ABSTRACT

The Canola plant may have its development and production affected both quantitatively and qualitatively by sulphur, which, once in deficit, result in low overall yields, and when in excess, an increase in erucic acid and glucosinolate levels, and even toxicity for the plant, may occur. Its cropping in Paraná state follows the technical recommendations of a research network, but, although similar farming practices were employed, there occurred variations in yield owing to the different growing areas. Following comparative analyses of the soil's fertility patterns and basic fertilizer amendment with nitrogen, phosphorus, and potash, it was verified the need for the application of sulphur, an essential macronutrient which is deficient in the regions where the low yields occurred. This work aimed at evaluating the effect of doses and times of application of sulphur on yield and on oil and seed quality of canola, and also, at monitoring the uptake rates of the element in the plant, when grown in a soil deficient in sulphur. Four different doses of sulphur were utilized (25, 50 and 100 kg/ha, and a control dose, 0 kg/ha) in four application times (1-at sowing time, 2-stage B-6 six leaves, 3-stage D-1 elongation and budding and 4-split application: 1/3 at sowing time, 1/3 at B-6 and 1/3 at D-1), on the canola cultivar "ICIOLA-41" in Ponta Grossa-PR, in the years of 1994 and 1995, in the latter under irrigation. It was found that the factors "dose" and "application timing" of sulphur jointly affect most of the variables (height, total dry matter content, number of shoots per plant, number of siliques per plant, number of grains per silique, grain yield, protein content, erucic acid content, glucosinolate content and germination rate), and as the dose increases, crop yield and quality become bigger for all the variables tested except for oil content, bedding index and vigor percentage. The dose 100 kg/ha was the most beneficial to the crop concerning nearly all the parameters tested. Application time "3" is an alternative option for the single sulphur application with the view of optimizing production with lower application costs per hectare, and timing "4", as a split application of sulphur is the most advisable, because it kept sulphur's availability constant. The best yield and quality responses were obtained when the application was done at the latest stages in relation to sowing time. The CANOLA standard for erucic acid (till 2%) and glucosinolates (till 30 $\mu\text{mol/g}$) was not altered by any of the doses tested. Sulphur's uptake rate made it possible to verify that at the moment when internodes are first visible and elongation starts (stage C-2), there occurs an elevation in the amount of sulphur accumulated in the plant; the stage at which the first ten siliques reach a length superior to 4 cm (stage G-3) is when the greatest accumulation of the element in the plant takes place, and the period extending from the beginning of the rosette stage (B-6) to the beginning of flowering (F-1), is the one in which sulphur should be applied, so that it is available to the plant in the most important stages of its growth. The difference between the no-irrigation assay conducted in 1994 and the assay conducted under irrigation in 1995 was observed in the lessened plant height, the reduced amount of dry matter and in the lower grain yield, all of which suffered variation in 1994 owing to the low availability of water in the soil.

1 INTRODUÇÃO

A Canola é uma oleaginosa de inverno desenvolvida a partir do melhoramento genético da colza, cujo volume de produção mundial ocupa o terceiro lugar entre as oleaginosas. O seu cultivo aumentou após a segunda guerra mundial, e a produção se desenvolveu em vários países como a China, Índia, Comunidade Econômica Européia e principalmente o Canadá, onde é a segunda cultura anual mais importante. Pertence à família das Crucíferas e ao gênero *Brassica*, (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) e vem tendo sua área de produção ampliada devido a sua fama como produtora de proteínas e de óleo de alta qualidade.

O termo Canola é um acrônimo de “Canada Oil Low Acid” e foi adotado como padrão para indicar baixos teores de ácido erúico¹, (menos de 2% do total de ácidos graxos) e glucosinolatos², (menos de 30 $\mu\text{mol/g}$ de farelo seco e desengordurado) que são tóxicos e presentes em grande quantidade nas sementes de colza comum (ICI SEMILLAS, 1990?).

No Brasil a perspectiva de se incrementar a indústria de óleo e a necessidade de diversificação agrícola no período de outono/inverno, contribuíram para a introdução da cultura, que em 1995 no estado do Paraná ocupou 8.619 ha (RIBEIRO, 1994). A canola atrai o interesse dos produtores, pelas altas produtividades alcançadas, pelo preço de comercialização competitivo e época de cultivo favorável, constituindo-se numa alternativa a mais para o período.

As regiões produtoras seguem as recomendações técnicas da rede estadual de pesquisa, que ao analisar os dados da produção no Paraná nos últimos anos, verificou que mesmo

¹ Ácido erúico: ácido graxo de cadeia longa C22:1 que pode se formar nas Crucíferas juntamente com outros ácidos graxos de interesse. Seu consumo pode causar intoxicação em seres humanos e animais.

² Glucosinolatos: sulfolipídios formados pela ligação da glicose a um aminoácido, através de pontes glicosídicas de enxofre, cujo consumo pode causar problemas cardíacos, hepáticos e renais em seres humanos e animais, e sua presença causa mau cheiro em alimentos ou derivados do grão.

seguindo-se práticas culturais semelhantes, ocorrem variações das produtividades em função dos diferentes locais de cultivo. Após análises comparativas dos padrões de fertilidade do solo das regiões produtoras, ainda que realizando-se a adubação de base com nitrogênio, fósforo e potássio, verificou-se a necessidade da aplicação de enxofre, um macronutriente essencial deficiente em diversas regiões do Estado do Paraná, onde ocorreram baixas produtividades.

A cultura da canola vem sendo incentivada aos produtores associados às cooperativas que como em qualquer outra atividade agropecuária, utilizam insumos onerosos de custos de produção, reduzindo a renda líquida. O custo de produção para determinadas situações gira em torno de US\$236.92/ha, já incluída uma aplicação de enxofre de 50 kg/ha na forma de sulfato de amônio, o que para um preço de venda estimado em US\$180.00 por tonelada de grãos, equivale a uma produção de equilíbrio de 1.316 kg/ha. A cultivar ICIOLA-41 apresentou produtividade média de 1.632 kg/ha (RIBEIRO, 1994).

No Paraná ocorrem solos de baixa fertilidade natural e com baixo teor de matéria orgânica, que apresentam baixos níveis de enxofre, (inferiores a 10 mg/dm³ ou 20 kg/ha na camada de 0 a 20 cm). Estes níveis normalmente atendem as necessidades das outras culturas, porém o mesmo não ocorre com as Crucíferas, principalmente a canola, considerada planta exigente em enxofre, uma vez que retira aproximadamente 45 kg de enxofre por hectare para o seu desenvolvimento (GRANT, 1991).

O enxofre é importante para a canola pois está presente nos reguladores de crescimento, é componente estrutural das proteínas. Nos aminoácidos sulfurosos e é precursor da síntese dos glucosinolatos. A carência de enxofre, dentro de limites, não afeta a qualidade do óleo, embora as produtividades globais de óleo e farelo sejam menores em relação à cultura em condições normais, porém o excesso de enxofre pode elevar a produção total de grãos, mas

também pode elevar as quantidades de ácido erúico e glucosinolatos, podendo fazer com que a cultura não alcance o padrão “Canola”, e portanto seja considerada imprópria para o consumo humano e animal, ou até causar fitotoxidez.

No Paraná não se conhece a dose adequada de enxofre para se obterem produções ótimas com boa qualidade de óleo e de farelo, e igualmente não se conhece a época de aplicação ideal e nem a marcha de absorção do enxofre pela cultura. Se o enxofre afeta a produção da cultura da canola quanto à produtividade e qualidade, deverá haver uma dose de enxofre bem como um estágio de crescimento da cultura considerado ideal para a aplicação, do nutriente para otimizar a produção.

Este trabalho foi desenvolvido na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em Ponta Grossa - PR, nos anos de 1994 e 1995 e teve por objetivos, verificar o efeito de doses e de épocas de aplicação de enxofre na produção, na qualidade do óleo e da semente de canola e a marcha de absorção do elemento por plantas de canola.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A cultura da canola, depois da soja e do algodão, é uma importante oleaginosa, ocupando posição de destaque junto com o girassol e o amendoim. É cultivada principalmente na Índia, China, Canadá e Comunidade Econômica Européia. Seu cultivo ocorre em climas que vão do sub-tropical, como o da Índia, ao temperado no Canadá e norte da Europa.

As suas sementes contém cerca de 40% de óleo em relação a sua massa total, sendo este preferencialmente utilizado como óleo comestível. O óleo contém menos da metade da gordura saturada que outros óleos vegetais apresentam, possui uma mistura favorável de ácidos graxos mono e poliinsaturados e como os demais óleos vegetais não contém colesterol. Em 1985, o “U.S. Food and Drug Administration” permitiu o uso de óleo de canola com baixos teores de ácido erúico para consumo humano nos Estados Unidos e rapidamente a indústria de alimentos reconheceu os benefícios nutricionais do produto e começou a comercializá-lo como óleo de cozinha e utilizá-lo em um grande número de alimentos industrializados, como substituto da manteiga (DUXBURY, 1989). O consumo cresceu e a produção não conseguiu atender a demanda, situação que ocorreu em quase todas as regiões produtoras. As perspectivas atuais são bastante favoráveis para a exportação do óleo da canola, em função da demanda dos países desenvolvidos por produtos com baixos teores de ácidos graxos saturados, menos de 6% no óleo da canola, e ricos em ácidos graxos poliinsaturados, aproximadamente 94% no óleo da canola (BRAGACHINI; CARRIZO; BONETTO, 1991?).

Atualmente o óleo de canola é recomendado como parte de programas de alimentação saudável, por órgãos como o “U.S.D.A.-Human Nutrition Information Service” nos Estados Unidos e o “FUNCOR -Sociedade Brasileira de Cardiologia” no Brasil. O farelo

apresenta aproximadamente 37% de proteínas e pode ser usado como alimento para aves e suínos. O óleo apresenta menos de 2% de ácido erúico e o seu farelo desengordurado menos de 30 $\mu\text{mol/g}$ de glucosinolatos, teores que atualmente são aceitos mundialmente como padrão canola, pois o ácido erúico e os glucosinolatos são tóxicos ao homem e animais quando presentes na dieta (RAYMER; DAY; BENNET, 1993). Os genes responsáveis pela qualidade do óleo foram identificados na cultivar “LIHO” nos anos cinquenta pelos pesquisadores canadenses Stefansson e Downey, feito que contribuiu para a obtenção de cultivares comerciais de canola no Canadá e em outros países (BAIER; ROMAN, 1992).

A canola faz parte da mesma família das mostardas e das nabiças, ou seja, Crucíferas, todas elas culturas que produzem altas concentrações de aminoácidos sulfurosos, criando assim uma alta demanda de enxofre, nitrogênio e potássio para a planta (USHERWOOD, 1993).

2.1 O ENXOFRE

Os minerais primários, especialmente na forma de sulfetos metálicos (Fe, Cu e Zn) e sulfatos de cálcio e magnésio, são a fonte original de enxofre no solo (MENGEL; KIRKBY, 1987). A ocorrência de processos físicos, químicos e biológicos origina outros compostos ou formas de enxofre que passam a fazer parte do seu ciclo. Outras fontes que podem suprir o solo de enxofre são a matéria orgânica, a água de irrigação, as chuvas, a atmosfera, os fertilizantes e os defensivos. Muitas toneladas de enxofre são liberadas anualmente na atmosfera através da queima de combustíveis fósseis e da poluição industrial. Parte deste enxofre retorna ao solo por intermédio das chuvas, porém a pequenas distâncias dos locais de emissão.

O enxofre ocorre nos solos sob formas inorgânicas e orgânicas, esta última representa a maior quantidade do elemento, que por via microbiana, é convertido em formas disponíveis para a planta. A tendência natural de todas as fontes de enxofre é a formação de sulfatos³, os quais constituem a fonte mais importante de enxofre para as plantas. Os sulfatos, prontamente solúveis, são sujeitos a lixiviação e ocorrem normalmente em concentrações que variam de 3 a 5 mg/dm³ de SO₄⁻² no solo, suprimento suficiente para o crescimento da maioria das espécies. A colza parece ser mais exigente. Concentrações de até 20 mg/dm³ no solo são comuns nos Estados Unidos, porém solos deficientes contém entre 5 a 10 mg/dm³. Nos solos arenosos e deficientes em enxofre, podem ocorrer teores inferiores a 5 mg/dm³ (TISDALE; NELSON; BEATON, 1985).

Após a absorção pelas plantas, os sulfatos são reduzidos e irão fazer parte de componentes orgânicos como a cisteína, cistina, metionina e portanto, das proteínas que contém estes aminoácidos. O enxofre é também componente de reguladores de crescimento, de vitaminas (biotina e tiamina), do ácido lipóico e glutatona (óxi-redução), da coenzima "A", de grupos sulfidríla que atuam em reações enzimáticas, da ferredoxina e outros (MALAVOLTA, 1980).

A formação de pontes ditiólicas em polipeptídeos e proteínas é uma função essencial do enxofre na bioquímica e as pontes ditiólicas contribuem estruturalmente para a formação de proteínas, enzimas e outros compostos. Nas Crucíferas o enxofre exerce particular importância pela síntese dos glucosinolatos e do ácido erúico (MENGEL; KIRKBY, 1987).

A concentração do enxofre na camada superficial do solo sofre flutuações sazonais ligadas às interações do meio ambiente na liberação dos sulfatos da matéria orgânica pelos microorganismos, no movimento dos sulfatos na solução do solo, na possibilidade de

³ Sulfatos: (R - SO₄⁻²) ânions formados pela oxidação do S, oriundo dos processos de mineralização da matéria orgânica, ou em formas livres no solo.

adsorção por óxidos de ferro e alumínio, e à absorção pelas plantas. Estes são alguns dos fatores que poderão determinar ou não a deficiência em enxofre (TISDALE; NELSON; BEATON, 1985).

Desde 1980 na Europa, tem havido uma redução no suprimento de enxofre nos ecossistemas, causada pela desulfurização das fumaças oriundas da queima dos combustíveis, reduzindo as deposições atmosféricas e pela utilização de fertilizantes sem enxofre, não raro ocasionando produtividades insatisfatórias, principalmente em se tratando de culturas exigentes ou de solos deficientes (SCHNUG; HANEKLAUS, 1994).

Atualmente o enxofre está se tornando um nutriente limitante na produção de certas culturas, mais do que no passado. As razões para isto, segundo MELLO *et al.*, (1984) incluem:

- a) Aumento no cultivo das culturas que necessitam mais enxofre;
- b) uso de fertilizantes concentrados com pouco ou nenhum enxofre;
- c) quantidades insuficientes de enxofre atmosférico providas da chuva;
- d) redução das reservas de enxofre do solo com as perdas de matéria orgânica;
- e) cultivo em solos arenosos e ou com baixos teores de matéria orgânica;
- f) cultivo em solos arenosos e alta pluviosidade;

HAAG; CASARINI; DECHEN, (1983); GRANT; BAILEY, (1990) com a finalidade de obter o quadro sintomatológico da carência de enxofre, observaram que em deficiências moderadas de enxofre no solo, podem não ocorrer alguns sintomas característicos, mas ainda assim haver redução da produtividade. Sintomas visuais bem definidos ocorrem quando as plantas são submetidas a deficiência severa. O enxofre é pouco móvel dentro da planta e os sintomas de deficiência começam nas partes jovens das plantas, com um amarelecimento

generalizado das folhas jovens que se estende às demais folhas, sintoma relacionado com interferência na síntese de clorofila. As folhas ficam encarquilhadas, com as nervuras visíveis e coloração arroxeada na base, coloração que pode ocorrer nos botões e ramos; o crescimento da planta é prejudicado, esta ramifica menos e conseqüentemente forma menos botões; a floração atrasa e é prolongada; as flores, normalmente amarelas ficam descoloridas, (esbranquiçadas), e com alta taxa de abortamento; as siliquas são mal formadas, pequenas e com engrossamento; a maturação atrasa e prolonga-se podendo-se observar plantas maduras com botões florais verdes; os botões se formam lentamente e permanecem pequenos; e os grãos são poucos e mal formados.

2.2 RESPOSTA AO ENXOFRE

O teor de enxofre total nos solos brasileiros é relativamente baixo quando comparado ao de outros países, por outro lado, algumas culturas aqui cultivadas tem exigências acentuadas. A colza (*Brassica napus L. var. oleífera*), segundo ROLLIER e FERRIF (1969), é reconhecidamente uma cultura exigente em enxofre, como acontece com outras Brassicas, entre 40 e 100 kg de enxofre por hectare são absorvidos e as sementes encerram o maior teor desse elemento representando uma exportação de cerca de 40% do total absorvido.

SPENCER; FRENEY; JONES, (1984) relatam que tanto quanto o girassol e o linho, a canola vem tendo grande importância na Austrália, porém análises nos fertilizantes usados para o seu cultivo mostraram pequeno ou nenhum teor de enxofre, o que aliado aos baixos níveis do elemento em alguns solos das regiões produtoras vem causando problemas nas produtividades. O enxofre é talvez o macronutriente menos empregado nas adubações, contudo muitas culturas importantes exigem-no em quantidades maiores ou iguais as de fósforo (MELLO *et al.*, 1984).

As deficiências de enxofre e nitrogênio nos solos tem sido observadas em muitas regiões do Oeste do Canadá. De acordo com THOMAS (1984), existem dois milhões de hectares de terras cultivadas do Oeste Canadense com deficiência em enxofre considerando as exigências da canola e outros dois milhões de hectares considerados próximos de atender as necessidades desta cultura. Não se consegue boas produtividades de canola em solos deficientes em enxofre, para isto devem ser utilizados fertilizantes que atendam a necessidade da cultura, porém altas taxas de enxofre podem reduzir o teor de óleo e aumentar o teor de glucosinolatos.

MELLO *et al.* (1984) classificaram as plantas cultivadas em ordem decrescente em função das exigências de enxofre: Crucíferas > Leguminosas > Gramíneas.

JANZEN e BETTANY (1984 a) no Canadá, testaram quatro doses de nitrogênio e quatro doses de enxofre aplicadas em combinações sobre plantas de canola crescendo em vasos. As produtividades máximas foram alcançadas quando as disponibilidades de enxofre e nitrogênio estavam numa certa relação. Aplicações excessivas de nitrogênio em relação ao enxofre provocaram severa depressão na produção de grãos, este efeito é atribuído ao acúmulo de níveis tóxicos de nitrogênio metabólico, indicando que o enxofre é essencial na formação estrutural das pontes ditiólicas entre cadeias de polipeptídeos e proteínas, e aplicações excessivas de enxofre em relação ao nitrogênio provocaram acúmulo do elemento nos tecidos das plantas, principalmente as folhas, brotos e ramos. A concentração de nutrientes das sementes permaneceu relativamente estável frente a todos os tratamentos. A relação ótima entre nitrogênio e enxofre disponíveis foi estimada em 7:1. Estas interações são atribuídas a interdependência do nitrogênio e do enxofre nos caminhos de redução e síntese de proteínas. Os tratamentos onde se utilizou enxofre foram significativamente superiores aos adubados somente com nitrogênio.

GRANT e BAILEY (1993) verificaram que alguns nutrientes desempenham importante papel no desenvolvimento da cultura, como é o caso do enxofre. Este elemento é crítico na produção de canola e deficiências freqüentemente reduzem as produtividades principalmente quando altos níveis de nitrogênio são usados. A canola necessita de grandes quantidades de enxofre, uma produção de 2.000 kg/ha pode requerer até 30 kg/ha de enxofre, normalmente se recomendam 30 a 50 kg/ha de enxofre em formas solúveis (sulfatos). As formas solúveis mais prontamente disponíveis, embora lixiviáveis são mais facilmente absorvidas pela cultura.

KARAMANOS e JANZEN (1989); KARAMANOS e JANZEN (1991) e MALAVOLTA *et al.*, (1987), comparando fontes de enxofre, verificaram a superioridade do sulfato de amônio no rendimento global da canola em relação a outras fontes, os primeiros, no Canadá, conseguiram 95% de aumento na produção, estes últimos, em Piracicaba, conseguiram um aumento de 67% na produção. SWAN; SOPER e MORDEN (1986) observaram o efeito positivo da fertilização com enxofre, bem como respostas superiores do sulfato de amônio sobre o enxofre elementar. KJELLQUIST e GRUVAEUS (1995) na Suécia, obtiveram igualmente ganhos de produção em experimentos de campo com adubação sulfurosa, variando de 0 a 200 kg/ha.

NUTTALL, BOSWELL e SWANNEY (1990) realizaram experimentos de fertilização com enxofre na canola utilizando o sulfato de amônio como padrão e alcançaram ganhos de produção favoráveis a este fertilizante quando comparado a outras formas de enxofre. A produção de grãos após a fertilização com 50 kg/ha de enxofre na forma de sulfato de amônio foi de 5,26 t/ha em relação a 3,71 t/ha adubados com enxofre elementar e 0,53 t/ha da testemunha sem enxofre na adubação. MALAVOLTA *et al.* (1984) também observaram, um aumento de 70%

na produção de (*Brassica napus L. var. oleifera*) com a utilização de 40 kg/ha de enxofre na forma de sulfato de amônio.

PEDERSEN e SCAIFE (1992) na Dinamarca, observaram que a maioria dos fertilizantes com enxofre testados produziram ganhos de produção e relataram que para a produção de primavera, 40 kg/ha de enxofre são suficientes para prevenir as deficiências. NUTTALL, *et al.* (1993) em ensaios de fertilização com enxofre no Canadá, também obtiveram aumento, de 0,99 t/ha na produção de grãos.

2.3 ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE FERTILIZANTES COM ENXOFRE

JANZEN e BETTANY (1984 b) realizaram experimento com plantas de canola cultivadas em vasos contendo solo deficiente em enxofre, para se comparar a aplicação de enxofre e nitrogênio em vários estádios de desenvolvimento (após a semeadura, roseta, formação dos botões e floração) e verificar a melhor época para se suprir a cultura com o elemento.

A aplicação de enxofre em todos os estágios de crescimento mostrou prontamente os sintomas de “stress” por deficiência, porém os melhores resultados se observaram com aplicações realizadas em estádios mais tardios. A época de aplicação, influenciou na quantidade de enxofre absorvido em todos os tratamentos com adubação nitrogenada. A aplicação do enxofre no estágio de roseta, floração e particularmente formação dos botões, produziu aumento na absorção de enxofre e na produtividade se comparados com a aplicação na semeadura.

NUTTALL e UKRAINETZ (1991) realizaram um experimento com duas cultivares de canola (“Regent” e “Candle”) em quatro épocas de aplicação (na semeadura, aos 14,

28 e 42 dias após a emergência), com duas doses de enxofre. No primeiro tratamento, utilizando 25 Kg/ha de enxofre na forma de sulfato de sódio, a cultivar “Regent” teve uma produção de 1,24 t/ha, significativamente maior que os 0,98 t/ha da cultivar “Candle”, e a melhor época de aplicação foi no estágio de roseta. Houve redução na produção de ambas as cultivares quando o enxofre foi aplicado depois dos 42 dias após a emergência (cultivares com ciclo médio de 150 dias). Na dose de 40 kg/ha de enxofre como sulfato de sódio, houve igualmente acréscimo na produção com a aplicação de enxofre no estágio de roseta. A absorção de enxofre e a produção foram maiores em estádios mais tardios à semeadura.

A época ideal para a fertilização com enxofre parece depender também do tipo de fertilizante, do tipo de solo e das condições de pluviometria. Os sulfatos são em geral muito solúveis em água e migram através do perfil de solo com boas condições de umidade. Nestas condições, aplicações de sulfatos a lanço na superfície ou incorporados superficialmente se tornam prontamente disponíveis para o crescimento da planta. As aplicações mais eficientes tem sido verificadas logo após o estágio de roseta, sem sacrificar a maturação ou a produtividade (GRANT e BAILEY, 1990).

2.4 EFEITO DO ENXOFRE NA QUALIDADE DO ÓLEO E DA SEMENTE

Segundo JOSEFSSON e APPELQVIST⁴, citados por HOLMES e AINSLEY (1977), a deficiência em enxofre pode reduzir a produtividade de canola porém altos níveis de fertilização podem aumentar a produtividade, mas reduzir o teor de óleo e aumentar o teor de glucosinolatos. MERRIEN (1989) observou na França, que o teor de glucosinolatos nas sementes de canola pode variar em função da população de plantas por metro quadrado, das cultivares e da

⁴ Josefsson, E.; Appelqvist, L.A. J. Sci. Fd. Agric. 1968, 19, 564.

disponibilidade de enxofre, pois este elemento, é um dos precursores da formação dos glucosinolatos.

SCHNUG (1989) trabalhando com determinação de concentrações em tecidos vegetais na Alemanha, constatou uma relação linear entre o conteúdo de glucosinolatos, a concentração de enxofre nas folhas jovens e a disponibilidade do elemento no solo. O teor de glucosinolatos aumentou 1,5 $\mu\text{mol/g}$ para cada 0,1% de aumento no conteúdo de enxofre nas folhas jovens. Uma redução no fornecimento de enxofre para as plantas resultou em um decréscimo dos glucosinolatos livres.

A fertilização com enxofre possibilita altas produtividades de canola, mas pode influenciar a qualidade do óleo e do farelo. Pesquisas foram realizadas no Canadá durante três anos com a cultivar "Regent" onde se aplicaram diferentes doses de enxofre em equilíbrio com nitrogênio e verificaram-se os teores de proteína e óleo e a concentração de glucosinolatos. À medida em que as doses de enxofre aumentaram, aumentaram também a porcentagem de proteínas e de glucosinolatos, mas houve relação inversa com o teor de óleo (GRANT, 1991).

Segundo NUTTALL *et al.*⁵, citados por GRANT e BAILEY (1990) a aplicação de enxofre pode aumentar o teor de proteínas, mas pode aumentar também a quantidade de glucosinolatos na cultura da canola. Altas doses de enxofre podem reduzir a porcentagem de óleo, principal objetivo do cultivo de canola. O enxofre é importante para a síntese de proteínas que contém quantidades elevadas de aminoácidos sulfurosos, como metionina, cistina e cisteína, para a síntese dos glucosinolatos e para a elongação da cadeia dos ácidos graxos de 18 para 22 átomos de carbono, formando o ácido erúico. Os glucosinolatos e o ácido erúico podem ser tóxicos quando consumidos por seres humanos e por animais. Dos 80 tipos de glucosinolatos encontrados

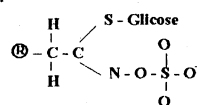
⁵ Nuttall, W.F.; Ukrainetz, H.; Stewart, J.W.B.; Spurr, D.T. Can. J. Soil Sci. 1987, 67 : 545-559

nos vegetais, cerca de 60 estão presentes nas Crucíferas, porém o seu teor é que vai caracterizar a propriedade ou não para consumo. Os glucosinolatos⁶ conferem sabor alterado e mau cheiro nos derivados do farelo, seu consumo pode causar problemas cardíacos, hemorragias no fígado e rins, podendo levar à morte. O ácido erúico⁷ é um ácido graxo presente no óleo de canola e não altera o seu sabor ou cor, seu consumo pode trazer problemas sérios de intoxicação hepática, podendo levar à morte. Ambos são indesejáveis para a manutenção do padrão canola exigido pela indústria, que para o teor de ácido erúico deve ser inferior a 2% do total de ácidos graxos e para os glucosinolatos, inferior a 30 µmol/g de farelo seco e desengordurado.

FORNASIERI FILHO, VITTI e LAM-SÁNCHEZ (1990) num ensaio de campo em Jaboticabal, avaliaram os efeitos de fontes e doses de enxofre na cultura da colza, onde verificou-se que a fertilização com enxofre não afetou os teores de proteínas, embora a produtividade de grãos tenha sido superior ao tratamento onde se omitiu o elemento, mas o teor de óleo sofreu pequena redução com a adição de enxofre, o que mostra uma correlação negativa entre teor de óleo e a fertilização com enxofre. Altas doses de enxofre podem aumentar a produtividade, o teor de proteínas e diminuir o teor de óleo, porém a produção de óleo por área será maior.

O enxofre é componente estrutural de proteínas, aminoácidos sulfurosos e vitaminas, mas também dos glucosinolatos indesejáveis no farelo. Altas doses de enxofre

⁶ Glucosinolatos: sulfolipídios que apresentam a fórmula estrutural abaixo descrita, podem, dependendo do tipo de aminoácido envolvido no processo, ser de interesse alimentício, como é o caso do óleo de mostarda. Para cultivares de canola, seu teor não pode ultrapassar 30 µmol/g de farelo seco:



⁷ Ácido erúico: ácido graxo de cadeia longa C22:1 formado naturalmente nas Crucíferas junto com outros ácidos graxos de interesse nutricional como o ácido oléico C18:1, linoleico C18:2 e linolênico C18:3, porém em cultivares de Canola seu teor não deve ultrapassar 2% do total de ácidos graxos.

possibilitam a formação do ácido graxo erúcico que é tóxico e igualmente indesejável para a manutenção do padrão canola, (GRANT e BAILEY, 1993).

MAILER (1989), WITHERS (1992), WITHERS (1993) verificaram que a fertilização com enxofre pode aumentar os teores de glucosinolatos no farelo, e diminuir o teor individual de óleo da semente, mas promovem um grande aumento na produção global de óleo por hectare.

ZHAO, EVANS, BILSBORROW e SYERS (1993) observaram, em um solo com deficiência de enxofre, interações significativas entre nitrogênio e enxofre na produção de grãos, proteínas e conteúdo de glucosinolatos. Uma dose de 150 kg/ha de nitrogênio isoladamente, não aumentou a produção de grãos, porém uma aplicação de 300 kg/ha de nitrogênio mais 50 kg/ha de enxofre aumentou a produção de sementes em 10,7%. A aplicação de 100 kg/ha de enxofre aumentou o teor de proteínas e de metionina na dose máxima de nitrogênio e obteve-se o dobro das concentrações normais de glucosinolatos. A elevação dos teores de glucosinolatos no farelo e de ácido erúcico no óleo podem ser tolerados até o limite de segurança que é determinado pelo padrão internacional de qualidade de canola. Cultivares com boa resposta genética dificilmente ultrapassam o padrão, porém é necessário um acompanhamento nos programas de fertilização para se evitar prejuízos. Em produção de sementes ainda não existem maiores informações sobre os efeitos do enxofre sobre a germinação e vigor de sementes, mas a boa disponibilidade de nutrientes é fundamental para a formação das sementes, HARRINGTON⁸ citado por POPINIGIS, (1985) e THOMAS, (1984) verificaram que a deficiência em enxofre pode comprometer a formação do embrião e também dos tecidos de reserva das sementes, podendo prejudicar-lhes a germinação e o vigor.

⁸ HARRINGTON, J.F. Hilgardia, 30: 219-35, 1960.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo na Fazenda Escola, “Capão da Onça,” da Universidade Estadual de Ponta Grossa, nos anos de 1994 e 1995.

A Fazenda Escola localiza-se no Município de Ponta Grossa-PR a 950 m de altitude, no Segundo Planalto Paranaense, a 3 Km do Campus Universitário, com acesso pela rodovia que liga o município ao distrito de Itaiacoca e geograficamente próxima da latitude 25°10' Sul e da longitude 50°10' Oeste.

Em 1994 o ensaio experimental desenvolveu-se sob condições naturais de campo, porém em virtude da estiagem ocorrida durante o período de desenvolvimento da cultura, optou-se pela repetição do mesmo ensaio experimental em 1995 com irrigação, assegurando-se 90 mm/mês (exigência mensal da cultura durante o ciclo).

3.1 SOLO E CLIMA

O solo onde foi instalado o ensaio é um Latossolo Vermelho Escuro Distrófico, A moderado e de Textura média, de acordo com a classificação de HENKLAIN *et al.* (1986). Apresenta características de boa drenagem, baixa capacidade de reter água, fertilidade natural baixa, originário de resíduos intemperizados de rochas sedimentares e mistura com material arenoso.

O clima da região é classificado com a fórmula climática Cfb segundo KOEPPEN - sempre úmido, quente temperado, sem estação seca definida e com geadas frequentes no inverno, sendo a média do mês mais quente inferior a 22°C, onze meses superior a

10°C e com aproximadamente cinco geadas noturnas por ano. A precipitação média anual é da ordem de 1422 mm sendo janeiro o mês mais chuvoso com média de 164,4 mm e agosto o mês mais seco com média de 71,2 mm.

3.2 HISTÓRICO DA ÁREA

A área onde foram realizados os ensaios era de campo nativo, com relevo plano e o seu primeiro cultivo foi no segundo semestre de 1993 com a cultura do arroz, quando não se realizou adubação e sim correção e descompactação do solo.

Foram utilizadas duas áreas experimentais diferentes numa mesma gleba, a área A-01 para o plantio de 1994 e a área A-10 para o plantio de 1995.

As tabelas 1 e 3 mostram respectivamente os resultados das análises de solo encontrados nas áreas A-01 em 1994 e A-10 em 1995. As tabelas 2 e 4 mostram os índices pluviométricos ocorridos em 1994 e 1995.

TABELA 1 RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO REALIZADA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-01, NA FAZENDA ESCOLA "CAPÃO DA ONÇA", DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1994.

	cmol/dm ³ de solo					mg/dm ³		g/dm ³	%		
ph CaCl ₂ 0,01 M	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	P	S	C	Areia	Silte	Argila
5,5	4,61	0,0	7,6	4,1	0,15	1,8	8,0	18,0	32,8	23,2	44,0

TABELA 2 RESULTADOS DA ANÁLISE DE SOLO⁹ REALIZADA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-10, NA FAZENDA ESCOLA "CAPÃO DA ONÇA", DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1995.

	cmol/dm ³ de solo					mg/dm ³		g/dm ³	%		
ph CaCl ₂ 0,01 M	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	P	S	C	Areia	Silte	Argila
4,8	7,2	0,2	5,4	3,9	0,11	1,2	6,0	16,0	28,6	25,4	46,0

⁹ Os resultados das análises de solos das tabelas 1 e 3 foram expressos em medidas recomendadas pelo Sistema Internacional de Unidades.

TABELA 3 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO EM mm DE CHUVA OCORRIDO DURANTE O CICLO DE DESENVOLVIMENTO DA CANOLA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-01, NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1994.

precipitação em mm de chuva					
Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
54,5	57,5	18,0	6,0	16,0	148,5

TABELA 4 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO EM mm DE CHUVA OCORRIDO DURANTE O CICLO DE DESENVOLVIMENTO DA CANOLA NA ÁREA EXPERIMENTAL A-10, NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NO ANO DE 1995.

precipitação em mm de chuva					
Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
31,5	131,0	37,5	42,0	217,5	128,0

3.3 ÉPOCAS DO INÍCIO E DO TÉRMINO DOS ENSAIOS

Os trabalhos tiveram início no mês de fevereiro de 1994, com o preparo primário de solo e calagem. A semeadura do primeiro ensaio experimental foi em maio de 1994, atendendo as recomendações de semeadura da cultura da canola (ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ, 1994). O término do ensaio ocorreu em outubro de 1994.

Os trabalhos de 1995 iniciaram igualmente no mês de fevereiro, com o preparo convencional de solo e as devidas correções. A semeadura do segundo ensaio foi em maio de 1995 e o término dos trabalhos ocorreu em outubro de 1995.

3.4 ESPÉCIE, CULTIVAR

A cultivar que foi utilizada no ensaio é classificada como (*Brassica napus* L. var. *oleifera* M.), denominada de canola ICIOLA - 41.

Esta cultivar é recomendada pela OCEPAR para a região dos campos gerais. Apresenta boa produtividade, média de 1.632 kg/ha (RIBEIRO, 1994), é de ciclo curto-150 dias, porte baixo-145 cm (ICI SEMILLAS, 1990?).

3.5 TRATAMENTOS

Os tratamentos consistiram de quatro doses de enxofre aplicadas em quatro épocas distintas, observando-se o ciclo da cultivar ICIOLA - 41.

As doses foram: “0”(0 kg/ha), 1 (25 kg/ha), 2 (50 kg/ha) e 3 (100 kg/ha), em épocas de aplicação distintas: a primeira na semeadura; a segunda no estágio B-6, quando as plantas apresentavam seis folhas verdadeiras; a terceira no estágio D-1, quando as plantas estavam em elongação, ou seja, apresentavam botões florais em formação, mas ainda encobertos pelas folhas terminais; e a quarta fracionada, (1/3 na semeadura, 1/3 em B-6 e 1/3 em D-1) (THOMAS, 1984).

3.6 CARACTERÍSTICAS DAS PARCELAS E DO DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado nos anos de 1994 e 1995, foi o de blocos ao acaso, com 3 repetições em arranjo fatorial de 4 doses de enxofre e 4 épocas de aplicação. A comparação das médias dos tratamentos foi feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

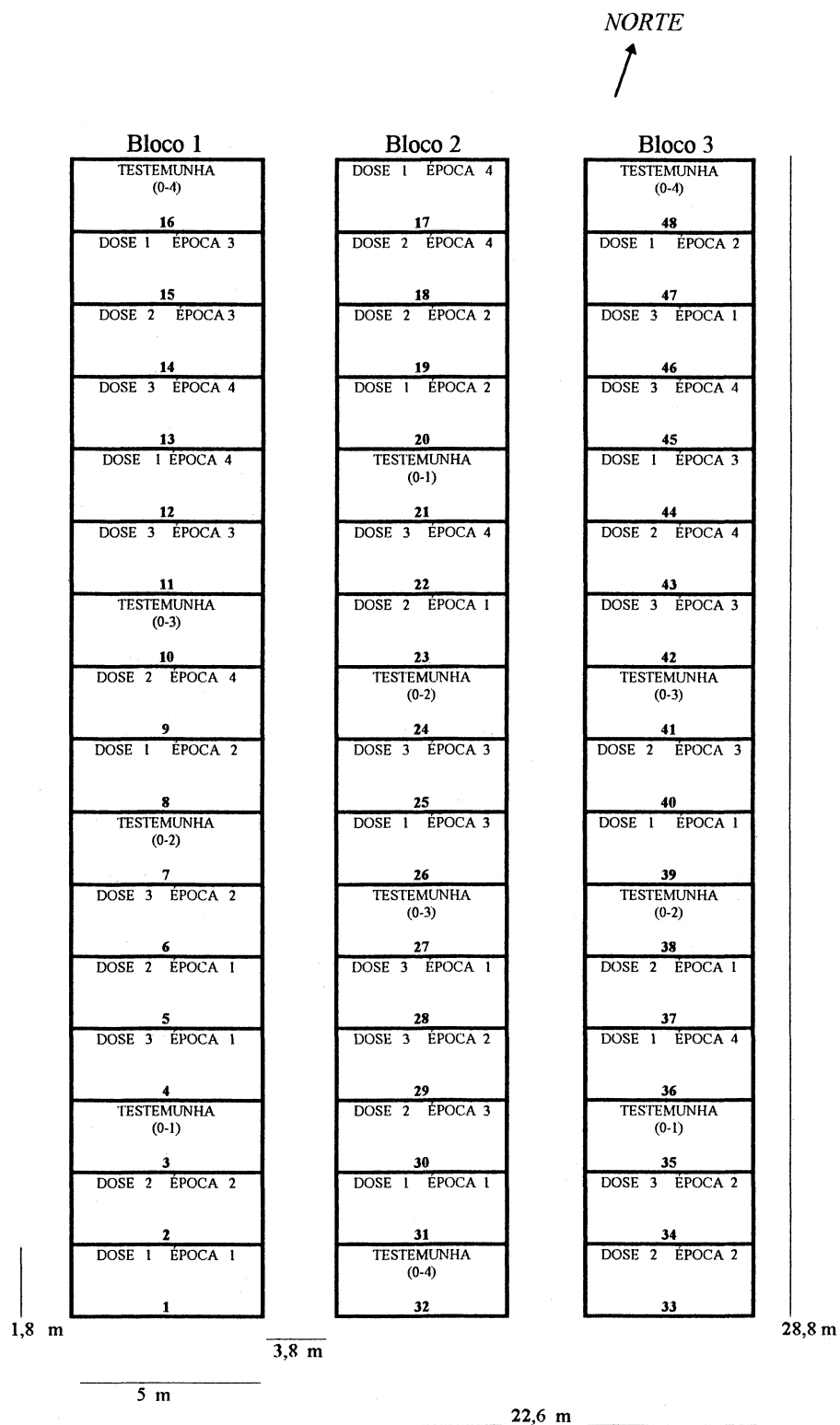
As variáveis que não apresentaram homogeneidade de variâncias pelo teste de Bartlett, tiveram os seus valores transformados por: $[(\log x) \cdot 1000]$; $[(1/\sqrt{x}) \cdot 1000]$; $\log x$; $[(1/x) \cdot 1000]$; $1/x$; \sqrt{x} , dependendo da variável (KOEHLER, 1994).

A parcela experimental era composta por seis linhas de 5 m de comprimento com espaçamento de 0,30 m entre elas, perfazendo 9,0 m² de área total por parcela.

A área de avaliação era composta pelas quatro linhas centrais com 4 m de comprimento, descartando-se 0,50 m em cada extremidade e com espaçamento de 0,30 m, perfazendo 4,8 m² de área útil por parcela. Dentro das linhas, após desbaste, 27 plantas ficaram dispostas por metro linear, resultando numa população de 90 plantas/m².

Os três blocos foram distanciados por ruas de 3,8 m de largura e as parcelas foram delimitadas por estacas de madeira identificadas contendo o número da parcela e a descrição do tratamento realizado, (Fig. 1).

FIGURA 1 CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL DOS ENSAIOS DE “EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE NA PRODUÇÃO, NA QUALIDADE DO ÓLEO E DA SEMENTE DE CANOLA” (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41 REALIZADOS NA FAZENDA ESCOLA “CAPÃO DA ONÇA”, DA UEPG EM PONTA GROSSA PR NOS ANOS DE 1994 E 1995.



3.7 TÉCNICAS CULTURAIS

Através das análises de solo e seguindo-se as recomendações propostas pela OCEPAR, (1994) para adubação de canola, foram determinados os níveis de N, P e K para a fertilização. O preparo consistiu em uma aração e duas gradagens, uma destas, quatro dias antes da semeadura.

A adubação de base, 480 kg/ha de 5-30-15, foi feita quando da abertura dos sulcos, utilizando-se para isto uma semeadora TD - 300 e o controle de plantas daninhas foi feito através da incorporação de Trifluralina na dose de 1,6 l/ha, quando da realização da última gradagem. As plantas de folhas largas, não atingidas pelo herbicida, foram erradicadas manualmente.

A semeadura foi efetuada manualmente, colocando-se 30 a 40 sementes por metro linear dentro dos sulcos a uma profundidade de 2 a 3 cm, que após o desbaste resultou em 27 plantas por metro linear obtendo-se uma população de 90 plantas por m².

Em 1995, irrigou-se o ensaio experimental com aspersões somando 90 mm/mês (exigência mensal da cultura durante o ciclo), divididas em três aplicações mensais após a semeadura e até a maturação fisiológica. Nos meses em que ocorreram chuvas suficientes (para atender as exigências da cultura em mm) não se efetuou a irrigação.

Para a adubação com enxofre utilizou-se o sulfato de amônio-21,0% de nitrogênio e 24,2% de enxofre (LEITE, 1986) nas quatro doses e nas quatro épocas de aplicação pré-estabelecidas. Para o equilíbrio da adubação nitrogenada, estipulada em 90 kg/ha, utilizou-se o nitrato de amônio-33,0% de nitrogênio nas mesmas épocas de aplicação do enxofre já descritas.

O equilíbrio entre as doses de enxofre e a dose fixa de nitrogênio estabeleceu-se da seguinte forma:

- a) 0 kg/ha de enxofre = 272,7g de nitrato de amônio por parcela;
- b) 25 kg/ha de enxofre = 105,5g de sulfato de amônio + 205,6g de nitrato de amônio por parcela;
- c) 50 kg/ha de enxofre = 210,9g de sulfato de amônio + 138,5g de nitrato de amônio por parcela;
- d) 100 kg/ha de enxofre = 421,9g de sulfato de amônio + 4,2g de nitrato de amônio por parcela.

As parcelas testemunhas receberam a dose de 0 kg/ha de enxofre, ou seja, apenas nitrato de amônio, nas quatro épocas de aplicação: dose 0, época 1; dose 0, época 2; dose 0, época 3 e dose 0, época 4.

A metodologia de aplicação dos fertilizantes com enxofre e nitrogênio usados no ensaio experimental foi a seguinte: o peso dos fertilizantes de cada uma das quatro doses de enxofre em equilíbrio com o nitrogênio a serem utilizados por parcela, dividido pelo número de linhas de cada parcela. Após serem pesados e divididos, os fertilizantes foram acondicionados em copinhos plásticos, um para cada linha e aplicados nas entrelinhas com posterior incorporação superficial através de pequenos sachos, em cada época de aplicação.

A colheita foi efetuada utilizando-se o sistema de corte e enleiramento, e foi feita quando as plantas apresentavam sementes com umidade inferior a 35%. As plantas foram cortadas com alfângios, dentro da área útil da parcela e ficaram secando por quatro dias, quando apresentaram 9% de umidade à campo, foram recolhidas e trilhadas à mão.

3.8 AVALIAÇÕES

3.8.1 ESTATURA DE PLANTAS

Nos experimentos conduzidos em 1994 e 1995, durante a fase de floração entre os estádios F-2 a G-1 (THOMAS, 1984), representados nas figuras 2-A e 2-B, foi verificada a estatura das plantas. A estatura de plantas pode ser utilizada como medida de avaliação sintomatológica de deficiência de enxofre no solo (GRANT; BAILEY, 1990), pois nesta situação o crescimento das plantas é afetado, podendo comprometer todo o potencial produtivo. Foram medidas 08 plantas da linha e 04 linhas da área útil de cada parcela. Os valores foram obtidos pela medição da extensão da planta em cm, desde o solo até a sua parte superior (extremidade do ramo mais alto).

3.8.2 NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA

No experimento conduzido em 1995, durante a fase de floração entre os estádios G-1 e G-4, foi verificado o número de ramificações por planta, encontradas desde o solo até as últimas ramificações.

O número de ramificações por planta pode ser afetado quando a canola cresce em deficiência de enxofre, nesta situação as plantas não atingem a estatura característica e ramificam menos (GRANT; BAILEY, 1990). Para esta determinação foram utilizadas 08 plantas da linha e 04 linhas da área útil de cada parcela.

3.8. 3 ÍNDICE DE ACAMAMENTO:

Nos experimentos conduzidos em 1994 e 1995 no estágio G-1, fase de floração, foi avaliado o número de plantas que estavam ou não acamadas dentro da parcela, utilizando o seguinte critério: 1-(todas eretas), 2-(75 % eretas), 3-(50 % eretas), 4-(75 % acamadas) e 5-(todas acamadas), recomendado pelo INTA, ICI SEMILLAS, (1990?). levando-se em consideração todas as plantas da parcela. O acamamento pode indicar a severidade da deficiência de enxofre, uma vez que o desenvolvimento do caule pode ser prejudicado ao ponto da sustentação da parte aérea ficar suscetível a ação dos ventos.

3.8. 4 NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA

As sílikas de canola podem ser utilizadas como indicadores de deficiência, nesta situação, elas são em menor número, pequenas, mal formadas e podem apresentar engrossamento (GRANT; BAILEY, 1990). No experimento conduzido em 1995, no estágio G-4 (ilustrado pelas figuras 2-A e 2-B), fase de maturação, foi observado o número de sílikas por planta, contando-se todas as sílikas bem formadas e com tamanho superior a 2 cm. Foram utilizadas 08 plantas da linha e 04 linhas da área útil de cada parcela.

3.8. 5 NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA

No experimento conduzido em 1995, no estágio G-5, fase de maturação, durante a colheita, foram retiradas as sílikas de 08 plantas da linha e de 04 linhas da área útil de

cada parcela. Foi contado o número de grãos de cada siliqua, avaliando-se o número médio de grãos por siliqua. Embora o número de grãos seja determinado geneticamente durante a floração, o potencial de produção pode ser influenciado por condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento, como a baixa disponibilidade de nutrientes, incluindo o enxofre. GRANT e BAILEY (1990), observaram que plantas sob deficiência de enxofre, produzem menor número de grãos, e estes são pequenos e mal formados.

3.8. 6 QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA

As Brassicas tem uma alta demanda de enxofre, e a resposta a este nutriente se evidencia na produção de matéria seca (HOLMES e AINSLEY 1977). Nos experimentos conduzidos em 1994 e 1995, no estádio G-5, fase de maturação, por ocasião da colheita, foram coletadas amostras de plantas cortadas rente ao solo, que foram secas em estufa a 50⁰C até as verificações de peso se apresentarem constantes, após, foram pesadas. Verificou-se então a quantidade total de matéria seca em t/ha. Posteriormente as plantas foram trilhadas e o conteúdo de grãos anexado à produção de grãos por parcela. Foram utilizadas 08 plantas da linha e 04 linhas da área útil de cada parcela.

3.8. 7 PRODUÇÃO DE GRÃOS EM kg/ha

A produção de grãos parece ser muito afetada pela deficiência em enxofre (HOLMES e AINSLEY, 1977; KARAMANOS e JANZEN, 1989; KARAMANOS e JANZEN, 1991 e MALAVOLTA *et al.*, 1987), observaram aumentos na produção de grãos quando

efetuaram fertilização com enxofre. Nos experimentos conduzidos em 1994 e 1995, no estágio G-5 (ilustrado pelas figuras 2-A e 2-B), final da fase de maturação fisiológica, foi efetuada a colheita. Os grãos se encontravam com umidade entre 30 e 25% e as plantas da área útil da parcela foram cortadas e enleiradas, secas ao sol e trilhadas sobre lona plástica através de pisoteio. Os grãos foram coletados em cartuchos de papel, secos em estufa até umidade de 10% e a seguir pesados avaliando-se a produção de grãos em kg/ha.

3.8. 8 TEOR DE ÓLEO E PROTEÍNA

De acordo com FORNASIERI FILHO, VITTI e LAM-SÁNCHEZ (1990); GRANT (1991), a fertilização com enxofre promove elevação da produção de matéria seca, grãos e teor de proteínas, mas parece haver uma relação inversa com o teor de óleo. Dos grãos obtidos na colheita nos experimentos conduzidos em 1994 e 1995, foram separadas amostras que, em laboratório, foram utilizadas para a avaliação do teor de óleo e de proteínas em porcentagem. O método utilizado para a avaliação do teor de óleo foi o de múltipla extração, de Soxhlet, (LARA *et al.*, 1976), e para a determinação do teor total de proteínas foi adotado o método de Kjeldahl (amostra digerida, destilação da amônia liberada e posterior titulação), (LARA *et al.*, 1976).

3.8. 9 TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO E DE GLUCOSINOLATOS

O enxofre é importante para a síntese das proteínas, mas juntamente com a sua formação, pode ocorrer o aumento do teor de glucosinolatos quando as plantas são submetidas a altas doses de enxofre e para a elongação da cadeia dos ácidos graxos de 18 para 22 átomos de

carbono, formando o ácido erúico. Das amostras de óleo e de farelo obtidas na avaliação dos teores de óleo e proteínas, oriundas dos grãos colhidos nos experimentos conduzidos em 1994 e 1995, foram obtidos em laboratório, os teores de ácido erúico em porcentagem do total de ácidos graxos e de glucosinolatos em $\mu\text{mol/g}$ de farelo seco. Para a obtenção do teor de ácido erúico, foram utilizados os métodos de múltipla extração de Soxhlet, (LARA *et al.*, 1976); esterificação metílica e quantificação por cromatografia gasosa, (CIOLA, 1973). O teor de glucosinolatos foi obtido através da medida espectrofotométrica (505 nm) da glicose liberada enzimaticamente, (LARA *et al.*, 1976).

3.8. 10 MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE

MALAVOLTA *et al.* (1984), verificaram que as plantas de canola apresentam resposta positiva no aumento de produtividade quando adubadas com enxofre, desde os estádios iniciais até quase o fim do ciclo, porém as respostas variaram em função da época de aplicação e em função da dose utilizada. Em 1994 foi determinada a marcha de absorção do enxofre bem como a sua concentração na planta nos estádios B-1 (uma folha verdadeira), B-3 (três folhas verdadeiras), C-2 (início da elongação), E (final da elongação), F-1 (início da floração), G-2 (início da maturação) e G-4 (maturação), conforme ilustração das figuras 2-A e 2-B, utilizando-se plantas tratadas com a dose de 100 kg/ha em época 04.

Em 1995 foi igualmente estabelecida a marcha de absorção do enxofre e a sua concentração na planta nos estádios B-1 (uma folha verdadeira), B-2 (duas folhas verdadeiras), B-3 (três folhas verdadeiras), B-4 (quatro folhas verdadeiras), B-5 (cinco folhas verdadeiras), B-6 (seis folhas verdadeiras), B-6 roseta (seis folhas verdadeiras na fase final de roseta), C-1 (início de

crescimento vertical), C-2 (internódios começam a ficar visíveis), D-1 (botões florais em formação, mas ainda encobertos pelas folhas terminais), D-2 (inflorescência principal desenvolvida), E (pedúnculos florais se alargam e crescem os botões laterais), F-1 (primeiras flores abertas), G-2 (primeiras 10 siliquas tem comprimento entre 2 e 4 cm), G-3 (primeiras 10 siliquas tem comprimento superior a 4 cm) e G-4 (as primeiras 10 siliquas começam a amadurecer, siliquas e grãos maduros).

Foram utilizadas plantas tratadas com a dose de 100 kg/ha em época 04 e plantas tratadas com a dose 0 kg/ha em época 04 (testemunha), para que se pudesse obter uma comparação da absorção do enxofre em plantas com boa disponibilidade do elemento e em plantas com baixa disponibilidade de enxofre.

Para tais determinações foram coletadas 08 plantas inteiras de cada parcela em cada estágio pré-estabelecido, de onde foram separadas a parte aérea das raízes e as siliquas com os grãos no estágio G-4. As plantas foram postas a secar em estufa com temperatura de 50⁰C, até as verificações de peso se apresentarem constantes, daí então, foram pesadas e enviadas para o laboratório onde se determinaram as concentrações de enxofre absorvidas pela planta em cada estágio avaliado.

3.8. 11 PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO E VIGOR

De acordo com THOMAS (1984); HARRINGTON¹⁰ citado por POPINIGIS (1985) as sementes podem ter o poder germinativo e o vigor comprometidos quando formadas a partir de plantas que se desenvolvem em deficiência de enxofre. Das sementes obtidas na colheita








¹⁰HARRINGTON, J.F. Hilgardia, 30: 219-35, 1960.

do experimento conduzido em 1995, foi separada uma amostra, que em laboratório foi utilizada para a determinação da porcentagem de germinação e da porcentagem de vigor.

A análise de germinação foi feita utilizando-se 4 repetições de 100 sementes postas em substrato de papel (“germitest”) com pH neutro, umedecido com água e colocadas no germinador a uma temperatura de 20⁰C durante 5 dias. Foram efetuadas leituras no primeiro, terceiro e no quinto dia, nesta ocasião foram separadas as plântulas normais das anormais e das não germinadas, determinando-se a porcentagem de germinação.

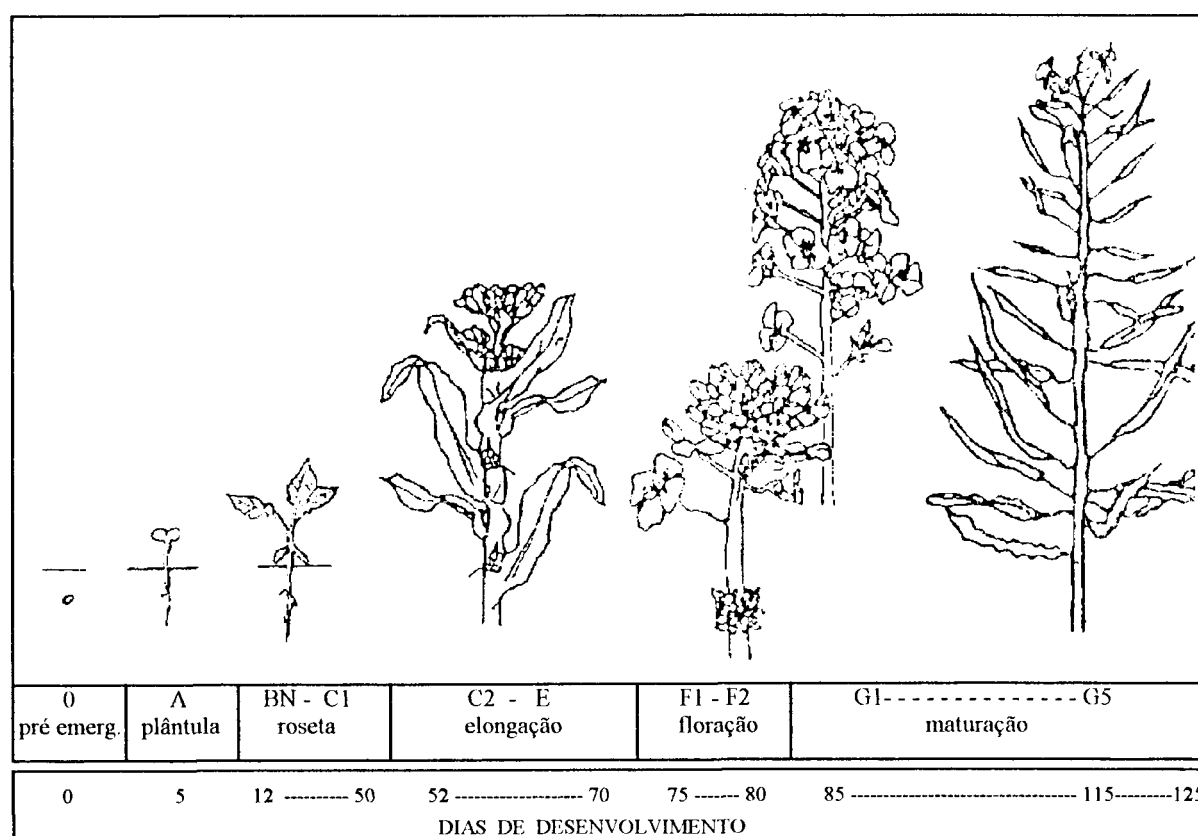
A análise de vigor foi feita utilizando-se 4 repetições de 100 sementes postas numa câmara de envelhecimento precoce onde foram submetidas a estresse por 24 horas. As sementes foram acondicionadas em recipientes (“gerbox”) recobertos por tela plástica, com temperatura de 42⁰C, 50 ml de água em cada “gerbox”, para se obter a umidade relativa do ar em torno de 100% e ambiente escuro. Após este período, foram postas para germinar com procedimento idêntico ao da análise de germinação, porém tendo sido feita uma única leitura no sétimo dia, onde se determinou a porcentagem de vigor.

FIGURA 2-A ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleífera*)

A Estádio cotiledonar	B Formação da roseta	C Elongamento	D Botões fechados	E Botões separados	F Floração	G Formação das siliquis
						
A	B1 B4 B8 BN	C1 C2	D1 D2	E	F1 F2	G1 G2 G3 G4 G5

ICI SEMILLAS, ICIOLA CANOLA HIBRIDA, 1990.

FIGURA 2-B ESTÁDIOS/DIAS DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DA CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleífera*)



THOMAS, P. CANOLA GROWERS MANUAL: GROW WITH CANOLA. 1984.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento não foram constatados através de observações visuais ataques de pragas e nem o desenvolvimento de doenças, estas verificadas através da utilização do guia para o levantamento e graduação da incidência de doenças, proposto por (SCHUK, sd).

As variáveis teor de glucosinolatos em $\mu\text{mol/g}$ de farelo seco (1994) "a", estatura de plantas (1995) "b", número de siliquas por planta (1995) "c", produção de grãos (1995) "d", teor de ácido erúico em porcentagem do total de ácidos graxos (1995) "e" e teor de glucosinolatos em $\mu\text{mol/g}$ de farelo seco (1995) "f", não atingiram as exigências de homogeneidade de variâncias através do teste de Bartlett, para tal tiveram os seus dados transformados respectivamente por $[(\log.a) \cdot 1000]$; $\log b$; $[(1/c) \cdot 1000]$; $[(1/\sqrt{d}) \cdot 1000]$; $1/e$; \sqrt{f} .

4.1 ESTATURA DE PLANTAS

A análise de variância dos dados referentes à estatura das plantas dos ensaios realizados em 1994 e 1995 (anexos 1 e 3) revelou que os fatores doses e épocas de aplicação não são independentes, pois a interação entre eles foi significativa ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de comparação das médias obtidas em 1994 (tabela 5 e figura 3), revelou que as estaturas das plantas tratadas com as doses 1-(25 kg/ha) e 2-(50 kg/ha) não apresentaram diferença estatística entre si nas épocas de aplicação 1-(na semeadura); 2-(estádio B-6); 3-(estádio D-1) e 4-(1/3 na semeadura -1/3 no estágio B-6 e 1/3 no estágio D-1), provavelmente em função da falta de umidade no solo causada por estiagem e que teria influenciado a absorção do enxofre

pela planta prejudicando os resultados esperados, neste caso a dose 2 revela resultados muito semelhantes aos da dose 1. As plantas que receberam a dose 3-(100 kg/ha) não apresentaram diferença estatística nas suas estaturas entre as épocas de aplicação 1-(na sementeira) e 2-(estádio B-6) e entre as épocas 3-(estádio D-1) e 4-(1/3 na sementeira -1/3 no estágio B-6 e 1/3 no estágio D-1), mas estas últimas diferem estatisticamente das duas primeiras.

As maiores estaturas se verificaram com a utilização da dose “3”, na época “3” com plantas medindo 143,7 cm em média e na época “4” com plantas medindo 148,0 cm em média. As plantas tratadas com a dose “0” de enxofre, receberam a adubação nitrogenada nas mesmas épocas em que foram efetuados os tratamentos com as diferentes doses de enxofre e embora com o mesmo tratamento em relação à ausência de enxofre, apresentaram variação na estatura das plantas na época “1” e na época “3”. As menores estaturas ocorreram neste tratamento, com plantas medindo 85,37cm em média e pode-se observar que esta dose proporcionou estaturas muito abaixo das demais, possivelmente indicando uma situação de baixa disponibilidade de enxofre dentro do intervalo de resposta da cultura.

Dentro de uma mesma época de aplicação todas as médias da variável estatura de plantas que receberam as diferentes doses de enxofre diferiram estatisticamente da dose “0”. As plantas tratadas com as doses de enxofre “1”, “2” e “3” nas épocas “1” e “2”, apenas diferiram estatisticamente da dose “0”. Nas épocas “3” e “4”, o aumento na estatura das plantas foi diretamente proporcional ao aumento das doses de enxofre, tendo sido as doses “2” e “3” nestas duas épocas, as que apresentaram as maiores estaturas, caracterizando a época “3” de aplicação como um bom momento para o fornecimento de enxofre para a planta, tanto quanto ocorre com o parcelamento. As menores estaturas em todas as épocas de aplicação ocorreram com a testemunha, ou seja, a dose “0”.

Conforme indicação da literatura, (GRANT; BAILEY, 1990), esperava-se que os resultados fossem mais evidentes em função da utilização das doses crescentes de enxofre, mas provavelmente em virtude das condições pluviométricas desfavoráveis e insuficientes para atender a exigência mensal da cultura durante o ciclo no período em que foi conduzido o ensaio (tabela 2), as plantas não apresentaram aproveitamento eficiente do enxofre aplicado nas diferentes doses e nas diferentes épocas de aplicação, mas mesmo assim pode-se observar que a utilização do enxofre apresentou resultados positivos frente as plantas que se desenvolveram em deficiência.

Em 1995, utilizou-se a irrigação no ensaio experimental e a maior disponibilidade de água parece ter influenciado positivamente a absorção de enxofre (TISDALE, NELSON e BEATON, 1985) relatam que a absorção do enxofre sofre a influência da disponibilidade de água no solo. O teste de comparação das médias obtidas em 1995, ilustrado pela tabela 5 e figura 3, revelou que as maiores estaturas ocorreram nas plantas tratadas com a dose “2” nas épocas “2”, “3” e “4” variando entre 136,66 cm e 148,33 cm em média e com a dose “3” nas épocas “2”, “3” e “4” variando entre 136,33 e 152,33 cm em média. Nas doses “2” e “3” a época “4” é benéfica à canola como forma de aplicação de enxofre parcelada em três fases do crescimento vegetativo, porém não diferiu estatisticamente da época “3”, demonstrando assim ser uma opção econômica de aplicação de enxofre, pois é feita em uma única operação.

As menores estaturas foram observadas nos tratamentos nas diferentes épocas com a dose “0”. Observando-se as médias das doses pode se notar que a medida em que estas aumentam, ocorreram as maiores estaturas, reforçando os resultados encontrados por MALAVOLTA (1980); THOMAS (1984); HAAG, CASARINI e DECHEN (1983) de que o enxofre é importante nos processos de formação dos tecidos e no crescimento, e em casos de

deficiência de enxofre, ocorre redução no crescimento da planta e nos demais componentes do rendimento.

Quando analisadas dentro da época “1”, as doses “0” e “1” e as doses “2” e “3”, são iguais estatisticamente, porém diferem estatisticamente das duas primeiras. Nas épocas “2”, “3” e “4”, as doses “1”, “2” e “3” apenas diferiram estatisticamente da dose “0”. Observando-se as médias das épocas pode-se notar que na medida em que se distanciou a época de aplicação da semeadura as estaturas foram maiores, reforçando resultados encontrados por NUTTAL e UKRAINETZ (1991); GRANT e BAILEY (1990), que verificaram ser o estágio “D-1” a melhor época de aplicação de enxofre para esta cultura em função do pico de absorção de enxofre que ocorre em estádios anteriores à floração.

TABELA 5 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A ESTATURA DE PLANTAS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR.

Estatura de plantas em cm					
1994	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	91,60 a* B**	127,30 a A	124,30 a A	127,30 b A	117,62
Época 2 B-6	79,00 b B	125,70 a A	124,00 a A	127,30 b A	114,00
Época 3 D-1	91,30 a C	125,30 a B	125,00 a B	143,70 a A	121,32
Época 4 parcelada em 1/3	79,60 b C	125,70 a B	126,30 a B	148,00 a A	119,90
Média das Doses	85,37	126,00	124,90	136,57	118,20
C.V. = 2,83 %					
1995	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	103,66 a B	103,33 b B**	124,33 b A	127,33 b A	114,66
Época 2 B-6	92,66 a B	125,00 a A	136,66 a b A	136,33 a b A	122,66
Época 3 D-1	98,33 a B	127,66 a A	145,00 a b A	148,00 a b A	129,74
Época 4 parcelada em 1/3	96,66 a B	129,66 a A	148,33 a* A	152,33 a A	131,74
Média das Doses	97,82	121,41	138,58	140,99	124,70
CV = 1,10 %***					

* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

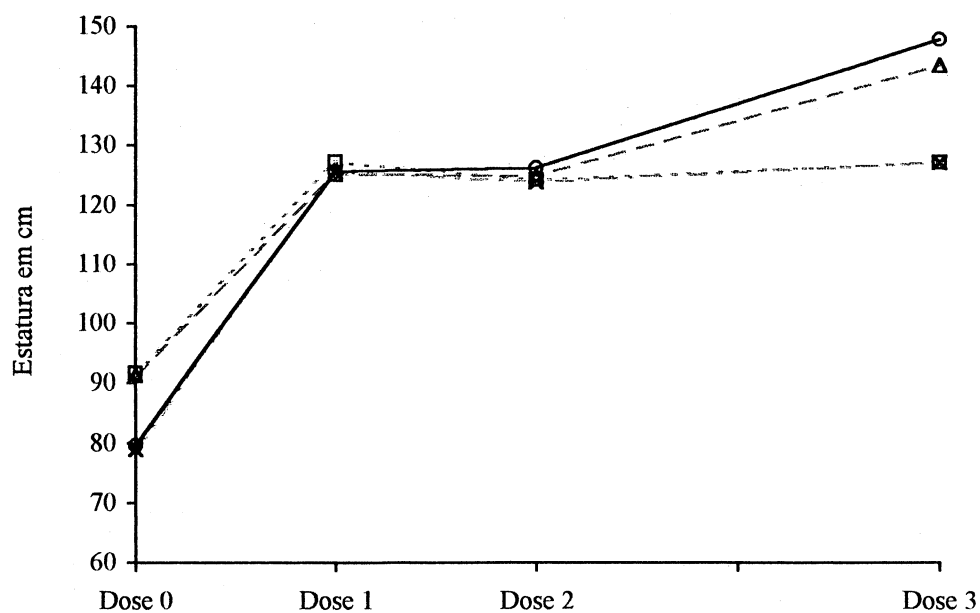
** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

C.V. = Coeficiente de variação em %

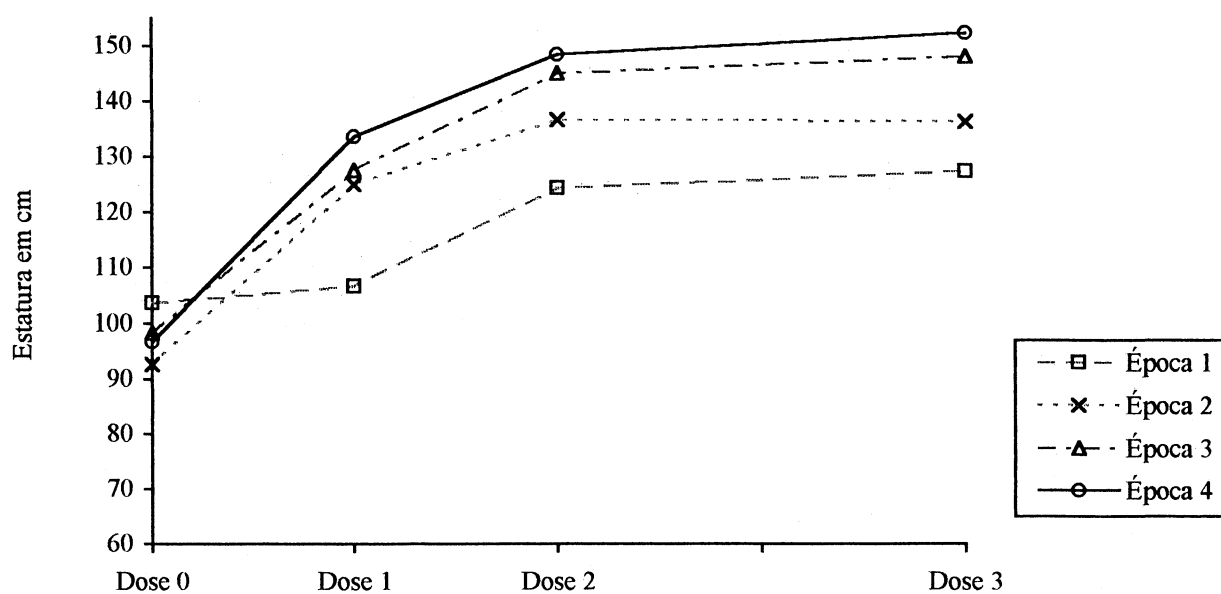
*** Coeficiente de variação obtido a partir de dados transformados.

FIGURA 3 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A ESTATURA DE PLANTAS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR.

1994



1995



4.2 NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA

Os fatores doses e épocas de aplicação de enxofre não são independentes, pois a análise de variância dos dados referentes ao número de ramificações por planta (anexo 3) nos mostrou que a interação entre eles foi significativa ao nível de 1% de probabilidade. O teste de comparação das médias, obtidas em 1995, permite observar que os melhores resultados (tabela 6 e figura 4), foram observados nas doses “1”, “2” e “3” na época “4”, variando de 8,00 a 10,00 ramificações por planta, possivelmente em resposta a maior disponibilidade do elemento à planta, proporcionada pelo parcelamento.

A deficiência de enxofre e a aplicação em estádios iniciais de crescimento influenciou negativamente a ramificação das plantas, como pôde ser observado nas plantas tratadas com as doses “0”, “1” e “2” aplicadas nas épocas “1” e “2” indicando que a carência de enxofre e a aplicação nas fases iniciais pode comprometer a ramificação e conseqüentemente a formação de outros componentes da produção. O número de ramificações por planta é um bom referencial para sinalizar deficiência de enxofre, segundo HAAG, CASARINI e DECHEN (1983); GRANT e BAILEY (1990) que verificaram resultados semelhantes onde a deficiência do elemento interferiu no crescimento, ramificação e produção das plantas.

Dentro de uma mesma época de aplicação, o número de ramificações por planta diferiu estatisticamente apenas nas plantas que receberam o enxofre na época “4”, com as doses “0”, “1”, “2” e “3”, mas mesmo sem ter havido diferença estatística nas demais épocas de aplicação, pode-se observar pelas médias das épocas e pelas médias das doses, que a aplicação em épocas mais distanciadas da semeadura e o aumento das doses de enxofre causou a elevação do número de ramificações por planta. A aplicação, mesmo em doses menores, mas a partir da época

“3” apresentou bons resultados no aumento do número de ramificações, indicando um pico de absorção de enxofre em estádios anteriores à floração, reforçando os resultados encontrados por NUTTAL e UKRAINETZ (1991); GRANT e BAILEY (1990) de que a melhor época para aplicação do elemento ocorre após a semeadura e antes da floração.

TABELA 6 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.

Número de ramificações por planta					
	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	5,33 a A	5,33 b A	5,66 b A	6,00 b A	5,58
Época 2 B-6	5,66 a A	5,66 b A	5,66 b A	6,00 b A	5,74
Época 3 D-1	5,66 a A	6,33 a b A	6,66 b A	7,33 b A	6,49
Época 4 parcelada em 1/3	5,33 a C	8,00 a* B**	9,33 a A B	10,00 a A	8,16
Média das Doses	5,49	6,33	6,82	7,33	6,49

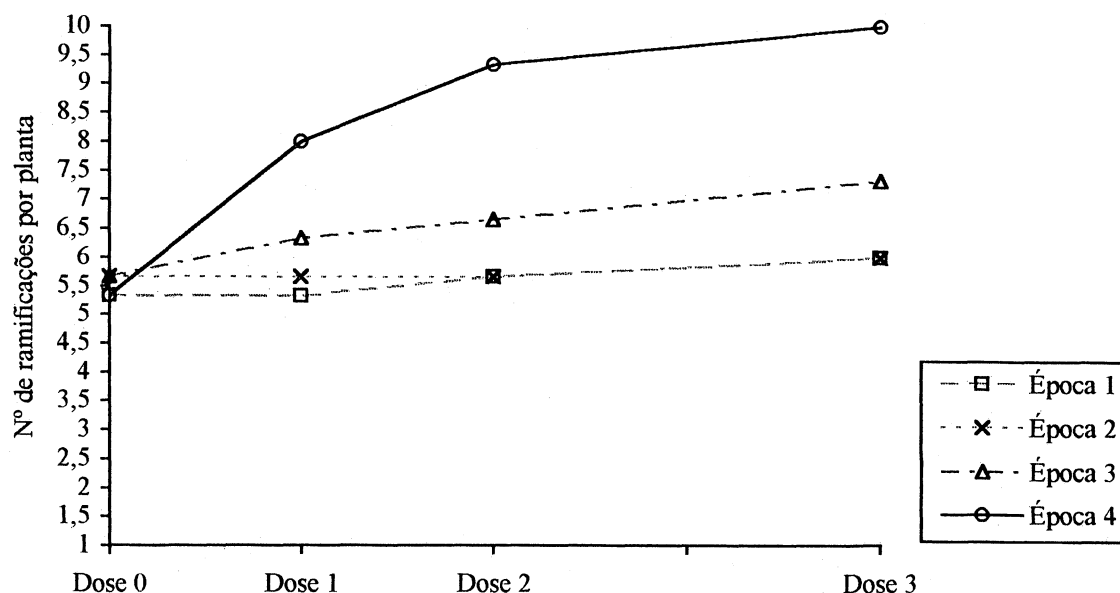
C.V.= 13,58%

* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

C.V. = Coeficiente de variação em %

FIGURA 4 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.



4.3 ÍNDICE DE ACAMAMENTO

Tanto em 1994 como em 1995, nenhuma das plantas das parcelas tratadas com as diferentes doses de enxofre, nas diferentes épocas de aplicação apresentou acamamento. Esperava-se, conforme indicações da bibliografia (GRANT e BAILEY, 1990), que pudesse haver crescimento excessivo em função das altas concentrações de enxofre e nitrogênio das doses “2” e “3” e que as plantas ficassem sujeitas ao acamamento, mas observou-se que poucas plantas excederam a estatura média da cultivar (145 cm), indicando que esta característica parece não ter sido afetada pela adubação com enxofre dentro das doses testadas neste experimento, como pode ser verificado na tabela 5, tendo sido atribuído a todas as parcelas o índice 1-(todas eretas). Na ausência de enxofre, dose “0”, as plantas se mostraram, por avaliação visual com crescimento e

desenvolvimento de caule reduzidos, mas não o suficiente para que houvesse acamamento em alguma das parcelas tratadas com esta dose.

4.4 NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA

O resultado da análise de variância dos dados referentes ao número de sílikas por planta (anexo 3) nos permitiu verificar que os fatores doses e épocas de aplicação não são independentes, pois houve interação significativa entre eles ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de comparação das médias, obtidas em 1995, ilustrado pela tabela 7 e pela figura 5, mostra que as menores médias ocorreram nas plantas do tratamento “0” independentemente da época de aplicação e quando utilizou-se a dose “1” na época “1”, estas plantas receberam apenas a adubação nitrogenada nas mesmas épocas em que foram efetuados os demais tratamentos com as diferentes doses de enxofre, no entanto apresentaram variação no número de sílikas por planta na época “3”.

As maiores médias ocorreram com as plantas que receberam enxofre nas doses “1”, “2” e “3” nas épocas “2”, “3” e “4”, com uma variação de 148,00 a 238,00 sílikas por planta em média, e possivelmente a causa da diferença entre o número de sílikas nos tratamentos que receberam enxofre foi a maior ou menor formação de ramificações por planta e conseqüentemente a formação de botões florais, flores e sílikas.

As plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3” nas épocas “2” e “3”, apresentaram diferenças na formação das sílikas em relação à testemunha, pois a aplicação em dose única em estádios mais distanciados da semeadura também promoveu efeitos positivos sobre o desenvolvimento da planta, confirmando os resultados encontrados por JANZEN e BETTANY

(1984), de que a aplicação de enxofre na canola em estádios mais afastados da semeadura e anteriores a floração é benéfica a todos os componentes da produção.

Quando analisadas dentro de uma mesma época de aplicação as médias do número de siliquas das plantas tratadas na época “1” não apresentaram diferença estatística entre as doses “0” e “1” e entre as doses “2” e “3”, sendo que estas últimas diferem das duas primeiras. As médias do número de siliquas das plantas que receberam tratamento nas épocas “2”, “3” e “4” e com as doses “1”, “2” e “3” diferiram estatisticamente das que receberam a dose “0” e neste último tratamento se verificaram as menores médias. As maiores médias foram observadas nas plantas tratadas na época “4” e com as doses “1”, “2” e “3”.

Observando-se as médias das doses e as médias das épocas, verifica-se: a medida em que aumenta a dose de enxofre em épocas de aplicação mais afastadas da semeadura, ocorre maior produção de siliquas por planta em contraste com as plantas submetidas à dose “0” ou as que receberam aplicação na semeadura. HAAG, CASARINI e DECHEN (1983); GRANT e BAILEY (1990) também verificaram redução no número de siliquas por planta quando estas são submetidas a deficiência severa, além de sintomas visuais característicos como encurvamento, queda de siliquas e engrossamento, em deficiências moderadas estes sintomas visuais podem não ser pronunciados, mas ainda assim pode ocorrer a queda da produtividade.

TABELA 7 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.

Número de siliquis por planta					
	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	84,66 a B	87,66 b B	115,33 b A	121,66 b A	102,32
Época 2 B-6	78,33 a B	148,00 a A**	150,00 a b A	165,66 a b A	135,49
Época 3 D-1	64,00 b B	155,33 a A	168,66 a A	172,00 a b A	139,99
Época 4 parcelada em 1/3	78,66 a* B	168,66 a A	202,00 a A	238,00 a A	171,83
Média das Doses	76,41	139,91	158,99	174,33	137,41

C.V. = 13,69% ***

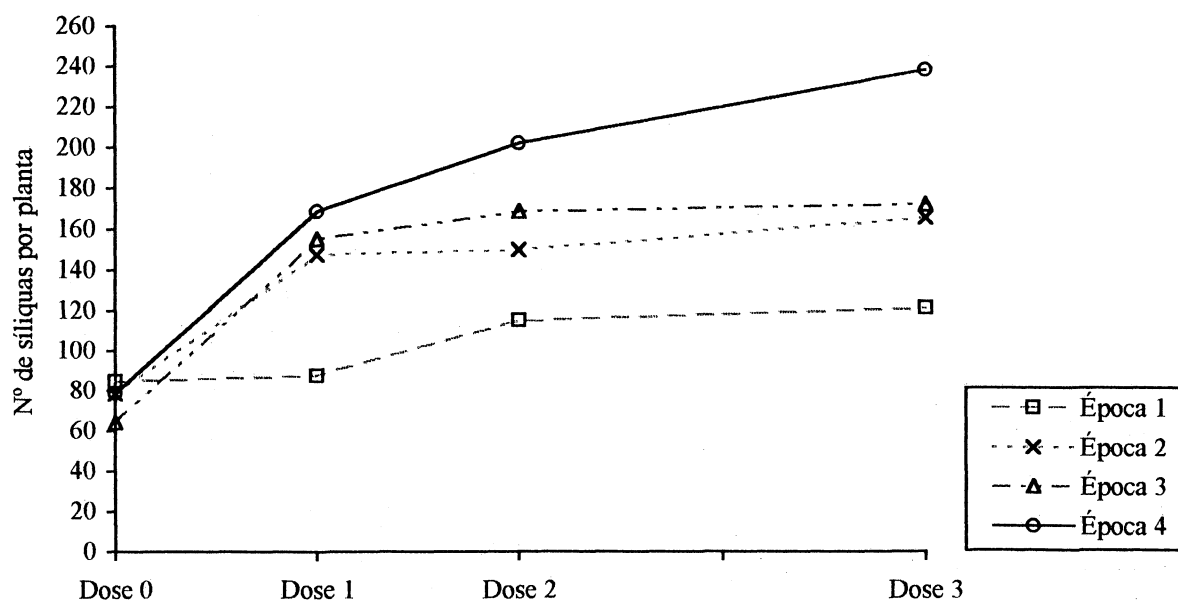
* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

C.V. = Coeficiente de variação em %

*** Coeficiente de variação obtido a partir de dados transformados.

FIGURA 5 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE SÍLIQUAS POR PLANTA DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.



4.5 QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA

O resultado da análise de variância dos dados referentes ao acúmulo de matéria seca em plantas de canola obtidos nos ensaios de 1994 e 1995, nos mostrou (anexos 1 e 3) que houve interação significativa entre os fatores doses e épocas de aplicação ao nível de 1% de probabilidade.

Observando-se as médias das doses de enxofre dos ensaios de 1994 e 1995, pode se verificar que estas causaram acréscimos proporcionais na quantidade total de matéria seca em relação à testemunha, dose “0”. Constatou-se também diferenças para as épocas de aplicação, e na medida em que as doses foram aplicadas mais distanciadas da semeadura e na época “4”, seus efeitos foram evidenciados caracterizando uma interação entre o aumento da dose de enxofre e a aplicação em estádios mais avançados.

O teste de comparação das médias obtidas em 1994 revelou (tabela 8) que as plantas tratadas com a dose “1” não apresentaram diferença estatística no acúmulo de matéria seca nas épocas “1”, “2”, “3” e “4”, porém as plantas tratadas com as doses “2” e “3”, apresentaram acréscimo na quantidade de matéria seca de forma diretamente proporcional ao avanço das épocas “1”, “2”, “3” e “4”. As maiores quantidades de matéria seca foram encontradas em plantas tratadas com as doses “2” e “3”, nas épocas “3” e “4”, com quantidades variando entre 3,16 t/ha e 4,56 t/ha. As menores quantidades de matéria seca foram encontradas nas plantas tratadas com a dose “0”, com quantidades variando entre 1,27 t/ha e 1,40 t/ha. Analisando-se as médias das épocas pode se verificar um acréscimo de 10% na quantidade de matéria seca das plantas tratadas na época “2” em relação às tratadas na época “1”, um acréscimo de 12,4% nas plantas tratadas na

época “3” em relação à época “2” e um acréscimo de 14,2% para as plantas tratadas na época “4”, em relação às tratadas na época “3”.

Na época “1”, as doses “1”, “2” e “3” somente apresentaram diferenças nas plantas em relação a dose “0”, entretanto nas épocas “2”, “3” e “4”, as doses “1”, “2” e “3” além das diferenças em relação as plantas da dose “0”, apresentaram acréscimos diretamente proporcionais ao aumento do enxofre, mostrando uma relação diretamente proporcional entre a formação de tecidos e a disponibilidade do elemento na planta. Analisando-se as médias das doses pode se verificar que a dose “1” causou um acréscimo de 18% na quantidade de matéria seca em relação à dose “0” e as doses “2” e “3” causaram acréscimos de 24% e 26,5% respectivamente sobre as doses “1” e “2”.

Conforme HOLMES e AINSLEY (1977), o efeito do enxofre já era esperado, e foi demonstrado pelas plantas em todos os tratamentos onde se utilizou o elemento (tabela 8 e figura 6), porém o maior acúmulo de matéria seca ocorreu nas plantas que receberam maiores concentrações de enxofre e nas épocas mais distanciadas da semeadura e emergência, explicando: que o elemento é utilizado mais intensamente à partir destes estádios, por já estar a planta em estádios de desenvolvimento que requerem maiores quantidades de enxofre, provavelmente numa relação ao desenvolvimento das raízes e do porte da planta. O enxofre por outro lado, quando aplicado em estádios iniciais, perde-se por lixiviação, uma vez que não é totalmente aproveitado pela planta, como pode se observar na época de aplicação “1”.

O teste de comparação das médias obtidas em 1995 apontou (tabela 8 e figura 6) as maiores quantidades de matéria seca nas plantas tratadas com as doses “2”-6,30 t/ha e “3”-6,90 t/ha na época “3” e com as doses, “2”-6,90 t/ha e “3”-7,63 t/ha, na época “4”, reforçando a relação de dependência entre a formação de tecidos e a disponibilidade do elemento na planta. Nas

plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3”, nas épocas “1”, “2” e “3”, foram verificadas respostas positivas em todos os tratamentos que receberam enxofre, porém os estádios mais distanciados da semeadura, como a época de aplicação “3”, podem ser considerados como uma opção econômica de aplicação, pois envolvem menos trânsito na lavoura e os resultados são satisfatórios, variando entre 5,03 t/ha e 6,90 t/ha. Resultados semelhantes foram observados por NUTTAL, BOSWELL e SWANNEY 1990; NUTTAL e UKRAINETZ, 1991 onde igualmente se verificaram aumentos na produção de matéria seca proporcionalmente aos aumentos da dose de enxofre aplicada em estádios posteriores a semeadura e anteriores a floração. As menores médias foram observadas nas plantas tratadas com a dose “0”.

Analisando-se as médias das épocas pode se verificar um acréscimo de 12% na matéria seca das plantas tratadas na época “2” em relação à época “1”, de 14,0% para as tratadas na época “3” em relação à época “2” e 15,25% nas tratadas na época “4”, em relação à época “3”.

Dentro de uma mesma época de aplicação todas as médias de acúmulo de matéria seca das plantas tratadas na época “1” e com as doses “1”, “2” e “3”, apenas diferiram estatisticamente das tratadas com a dose “0”. Na época “2” as médias das doses “1” e “2” não diferem estatisticamente, mas diferem das médias da dose “0” e da dose “3”.

As médias das plantas tratadas nas épocas “3” e “4”, com as doses “0”, “1”, “2” e “3” são estatisticamente diferentes. A dose “0” é responsável pelas menores médias, as doses “2” e “3”, apresentaram os melhores resultados.

Analisando-se as médias das doses pode se verificar acréscimos de 19,3% na matéria seca das plantas tratadas com a dose “1” em relação a dose “0”, 22,3% nas plantas tratadas com a dose “2” em relação à dose “1” e 24,6% nas plantas tratadas com a dose “3” em relação à dose “2”, confirmando os resultados encontrados por JANZEN e BETTANY (1984);

NUTTALL, BOSWELL e SWANNEY (1990); MALAVOLTA *et al.*(1984), onde observaram que com o aumento nas doses de enxofre, se verificaram acréscimos de matéria seca quase até o fim do ciclo da cultura, e os maiores acréscimos ocorreram quando da adição das maiores doses de enxofre em estádios mais distanciados da semeadura..

A figura 6 mostra que o ponto de inflexão da curva que representa o acúmulo de matéria seca dos dados obtidos em 1994 e 1995 não foi atingido, sugerindo que doses maiores em aplicações tardias podem ainda trazer resultados positivos.

TABELA 8 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995. PONTA GROSSA - PR.

Quantidade total de matéria seca em t/ha						
1994	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas	
Época 1 semeadura	1,30 a B	2,30 a A	2,50 c* A**	2,60 c A	2,17	
Época 2 B-6	1,27 a C	2,50 a B	2,70 c A B	2,90 c A	2,34	
Época 3 D-1	1,40 a D	2,36 a C	3,16 b B	3,90 b A	2,70	
Época 4 parcelada em 1/3	1,30 a D	2,40 a C	4,16 a B	4,56 a A	3,10	
Média das Doses	1,31	2,39	3,13	3,49	2,58	
C.V. = 6,13 %						
1995	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas	
Época 1 semeadura	2,50 a B**	4,03 c A	4,03 d A	4,03 d A	3,64	
Época 2 B-6	2,66 a C	4,53 b c B	4,70 c B	5,70 c A	4,39	
Época 3 D-1	2,26 a D	5,03 a b C	6,30 b B	6,90 b A	5,12	
Época 4 parcelada em 1/3	2,40 a D	5,40 a* C	6,90 a B	7,63 a A	5,58	
Média das Doses	2,45	4,74	5,48	6,06	4,68	
CV = 4,83 %						

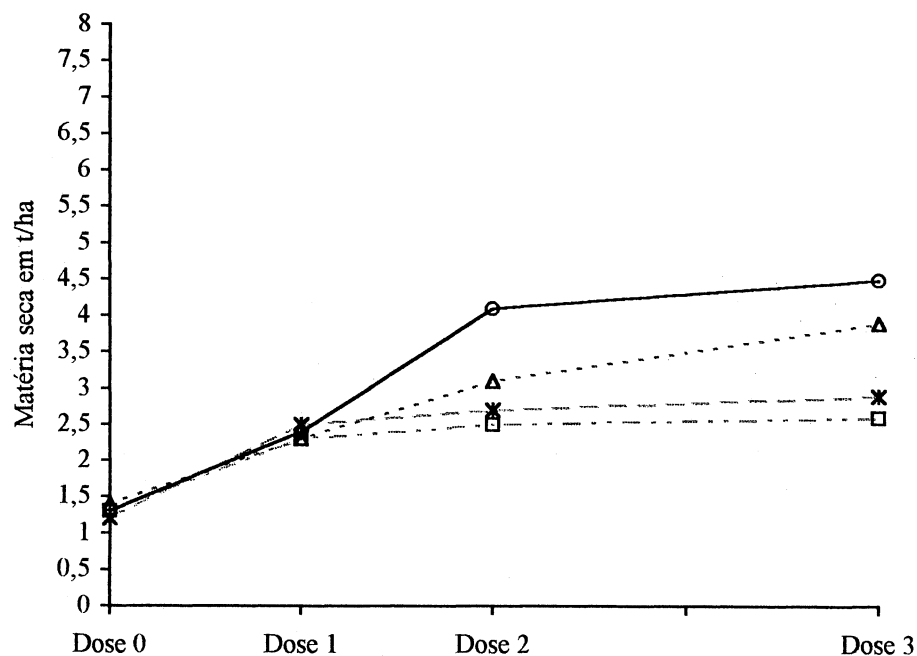
* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

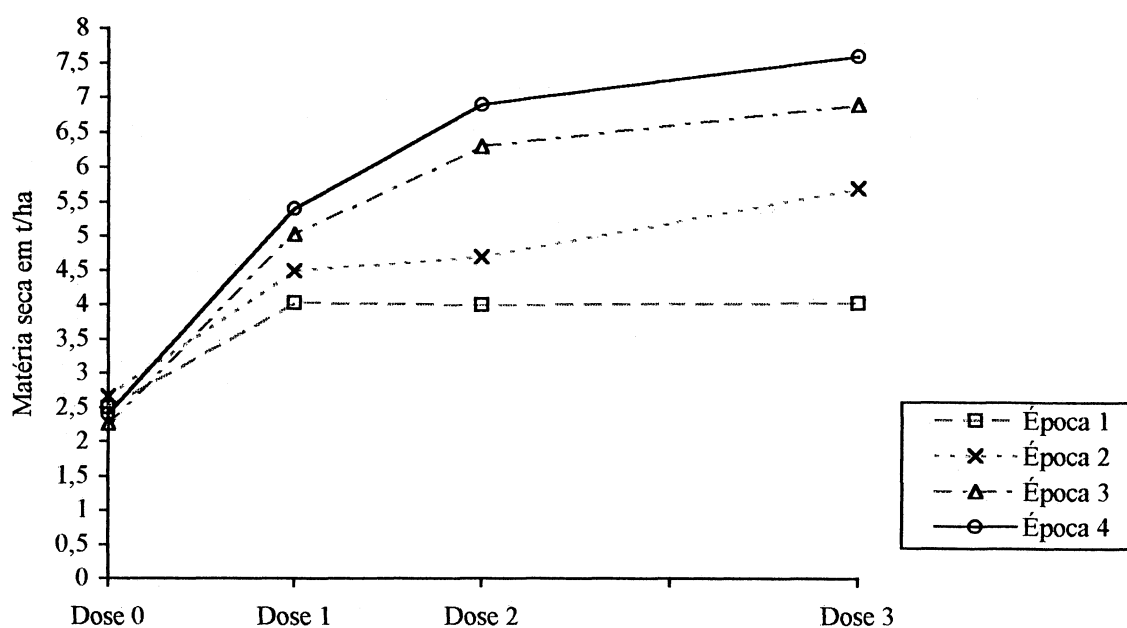
C.V. = Coeficiente de variação em %

FIGURA 6 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA EM PLANTAS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA -PR.

1994



1995



4.6 NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA

O resultado da análise de variância dos dados referentes ao número de grãos por síliqua (anexo 3) revelou que os fatores doses e épocas de aplicação não são independentes, pois a interação entre eles foi significativa ao nível de 5% de probabilidade.

O teste de comparação das médias obtidas em 1995 revelou que as menores médias (tabela 9 e figura 7) ocorreram nas plantas tratadas com a dose “0”, e as maiores ocorreram com as plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3” nas épocas “3” e “4”, variando de 16,00 a 20,33 grãos por síliqua. Estas doses aplicadas em épocas mais distanciadas da semeadura e anteriores a floração, reforçam os resultados encontrados por GRANT e BAILEY (1990), NUTTALL E UKRAINETZ (1991) de que a melhor época para a aplicação de enxofre é após o estágio de roseta até o aparecimento dos primeiros botões.

Analisando-se uma mesma época de aplicação verificou-se que as médias do número de grãos por síliqua das plantas tratadas na época “1”, com as doses “0”, “1”, “2” e “3”, não apresentaram diferença estatística entre si. Nas épocas “2”, “3” e “4”, com as doses “0”, “1”, “2” e “3” as médias apenas diferiram estatisticamente da dose “0”.

Observando-se as médias das doses e as médias das épocas, pode se verificar que as médias do número de grãos por síliqua aumentam na medida em que aumentam as doses de enxofre e a medida em que se distancia a época de aplicação da semeadura, sinalizando que a planta tem capacidade de responder positivamente ao enxofre e que ainda não atingiu o limite na sua capacidade de resposta. O número médio de grãos por síliqua apresentado pela cultivar ICIOLA-41, varia entre 15 e 40 (ICI SEMILLAS, 1990?) e apesar deste número ser determinado geneticamente, durante a floração o potencial de produção é influenciado por condições favoráveis

ao seu desenvolvimento, por exemplo: umidade e temperatura favoráveis, e boa disponibilidade de nutrientes incluindo o enxofre. HAAG, CASARINI e DECHEN (1983); GRANT e BAILEY (1990), observaram que em plantas sob deficiência de enxofre, os grãos ocorrem em menor número, são pequenos e mal formados.

TABELA 9. EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA EM PLANTAS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.

Número de grãos por síliqua						
	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas	
Época 1 semeadura	10,00 a A	13,33 b A	12,67 c A	13,67 b A	12,41	
Época 2 B-6	9,00 a B	13,67 a b A	14,33 b c A	14,67 b A	12,91	
Época 3 D-1	10,67 a B	16,00 a b A	17,67 a b A	18,67 a A	15,75	
Época 4 parcelada em 1/3	9,00 a B**	17,33 a* A	20,00 a A	20,33 a A	16,66	
Média das Doses	9,66	15,08	16,16	16,83	14,43	

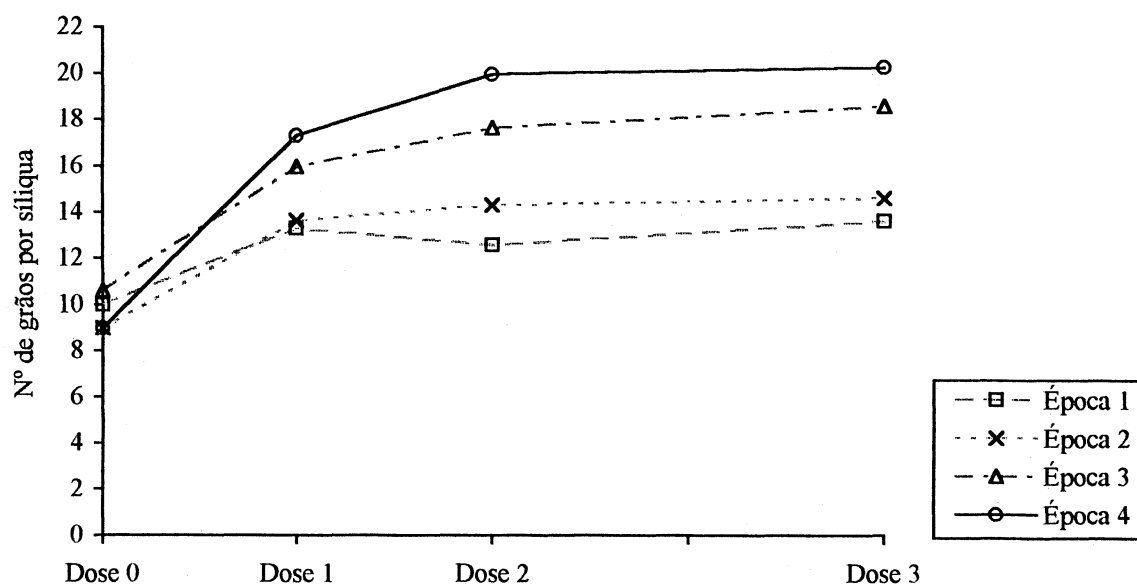
C.V. = 11,51%

* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

C.V. = Coeficiente de variação em %

FIGURA 7 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQUA DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.



4.7 PRODUÇÃO DE GRÃOS

O resultado da análise de variância dos dados referentes à produção de grãos, obtidos nos ensaios de 1994 e 1995 (anexos 1 e 4) nos permitiu verificar que os fatores doses e épocas não são independentes, pois houve interação significativa entre eles ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de comparação das médias obtidas em 1994, ilustrado pela tabela 10 e pela figura 8, mostra que as plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3”, apresentaram aumento na produção de grãos de forma crescente em relação à época de aplicação a partir da semeadura, ou seja, nas épocas “1”, “2”, “3” e “4”.

Dentro de uma mesma época de aplicação, o aumento na produção de grãos ocorreu numa relação diretamente proporcional ao aumento na dose de enxofre. Quando comparadas à dose “0”, apenas a dose “1”, na época “1” não foi significativamente diferente, provavelmente em função da planta estar iniciando o crescimento, ou em função das condições pluviométricas (tabela 2) desfavoráveis, comparando-se à testemunha, podendo significar que esta dose nesta época de aplicação seja suficiente apenas para o crescimento da planta, não interferindo no desenvolvimento de componentes da produção.

As maiores produções ocorreram com as doses “2” e “3” e nas épocas “3” e “4”, com valores variando entre 1.294 kg/ha e 1.843 kg/ha.

As produtividades das plantas tratadas com a dose “3” na época “3”-1.692 kg/ha, e dose “3” na época “4”-1.843 kg/ha, apresentaram resultado economicamente viável, pois os 1.481 kg/ha estimados como produção de equilíbrio foram alcançados, mesmo tendo havido condições ambientais desfavoráveis durante o ciclo vegetativo.

O teste de comparação das médias obtidas em 1995, ilustrado pela tabela 10 e figura 8, mostra que as menores médias de produção de grãos foram encontradas nos tratamentos com a dose “0” apresentando uma variação de 287,46 kg/ha a 352,72 kg/ha. As maiores médias foram observadas com as seguintes doses, “1” nas épocas “3”-1.002,08 kg/ha e “4”-1.308,33 kg/ha, a dose “2” também na época “3”-2.123,56 kg/ha e época “4”-2.479,13 kg/ha e igualmente a dose “3” nas épocas “3”-2.611,06 kg/ha e “4”-2.871,54 kg/ha, estas duas ultimas doses apresentando uma variação nas médias que foi de 2.123,56 kg/ha a 2.871,54 kg/ha, suficiente portanto para cobrir os 1.481 kg/ha estimados como produção de equilíbrio.

Os resultados indicam que a época “3” como aplicação em uma só vez e a época “4” como aplicação parcelada, são os melhores momentos para se realizar a fertilização com

enxofre, pois na época “3” a planta recém iniciou a transição do estágio de roseta para a alongação, ramificação, formação de botões, floração, formação das siliquis e enchimento de grãos, estádios muito importantes e que requerem uma boa disponibilidade de enxofre para não comprometer o potencial produtivo e a época “4”, por ser uma aplicação parcelada, possibilita o fornecimento de enxofre durante as fases mais importantes do crescimento da canola, reforçando os resultados semelhantes verificados por JANZEN e BETTANY (1984); GRANT e BAILEY (1990); NUTTALL e UKRAINETZ (1991).

Dentro de uma mesma época de aplicação, pôde-se verificar que na época “1” as médias das doses “1” e “2” são iguais estatisticamente, mas diferem das médias da dose “0” e da dose “3”. As médias das plantas tratadas nas épocas “2” e “3”, com as doses “0”, “1”, “2” e “3” são estatisticamente diferentes, sendo a dose “0” a responsável pelas menores médias, as doses “2” e “3”, apresentaram os melhores resultados, e na época “4”, as plantas tratadas com as doses “2” e “3” apresentaram médias de produção de grãos iguais estatisticamente entre si, mas diferentes das plantas tratadas com as doses “1” e “0”.

A fertilização com enxofre apresentou resultado positivo em todos os tratamentos que previam a sua aplicação tanto no ensaio conduzido em 1994 quanto no conduzido em 1995, mas mesmo sem considerar as diferenças estatísticas, analisando somente as médias das doses e as médias das épocas, pode se observar que os melhores resultados foram obtidos com as doses “2” e “3” e nas épocas “3” e “4”.

Resultados semelhantes onde também se verificaram acréscimos na produção de grãos com a utilização de diferentes doses de sulfato de amônio e onde as maiores produções ocorreram em estádios mais avançados da semeadura foram encontrados por MALAVOLTA, *et al.* (1984); SWAN, SOPER e MORDEN (1986); MALAVOLTA, *et al.* (1987); KARAMANOS e

JANSEN (1989); NUTTALL, BOSWELL e SWANNEY (1990); KARAMANOS e JANZEN (1991); GRANT e BAILEY (1993).

TABELA 10 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PRODUÇÃO DE GRÃOS EM PLANTAS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR.

Produção de grãos em kg/ha						
1994	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas	
Época 1 semeadura	354,7 a B	400,1 c B	515,9 d A**	561,9 d A	458,15	
Época 2 B-6	259,7 a C	615,3 b B	658,0 c A B	724,1 c A	564,27	
Época 3 D-1	354,4 a D	717,6 a b C	1294,0 b B	1692,0 b A	1014,50	
Época 4 parcelada em 1/3	295,3 a D	755,3 a* C	1416,0 a B	1843,0 a A	1077,40	
Média das Doses	316,02	622,07	970,97	1205,25	778,58	
						C.V. = 5,96%
1995	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas	
Época 1 semeadura	337,43 a C	527,73 d B	561,76 d B**	801,85 c A	557,19	
Época 2 B-6	352,72 a D	676,33 c C	1506,24 c* B	1806,24 b A	1085,38	
Época 3 D-1	287,46 b D	1002,08 b C	2123,56 b B	2611,06 a A	1506,04	
Época 4 parcelada em 1/3	349,30 a C	1308,33 a B	2479,13 a A	2871,54 a A	1752,07	
Média das Doses	331,72	878,61	1667,67	2022,67	1225,16	
						CV = 1,92%***

* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

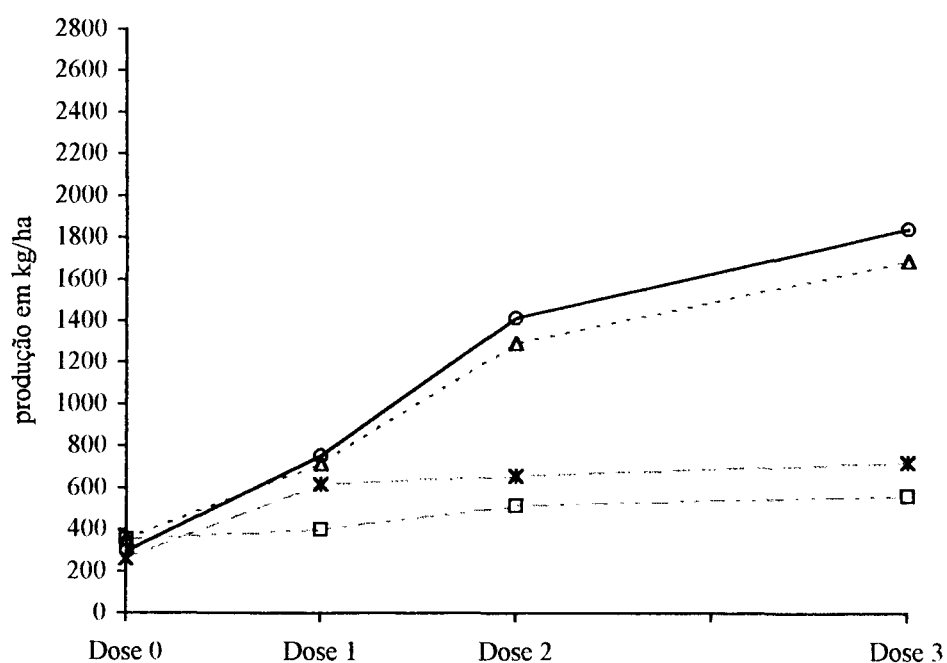
** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

C.V. = Coeficiente de variação em %

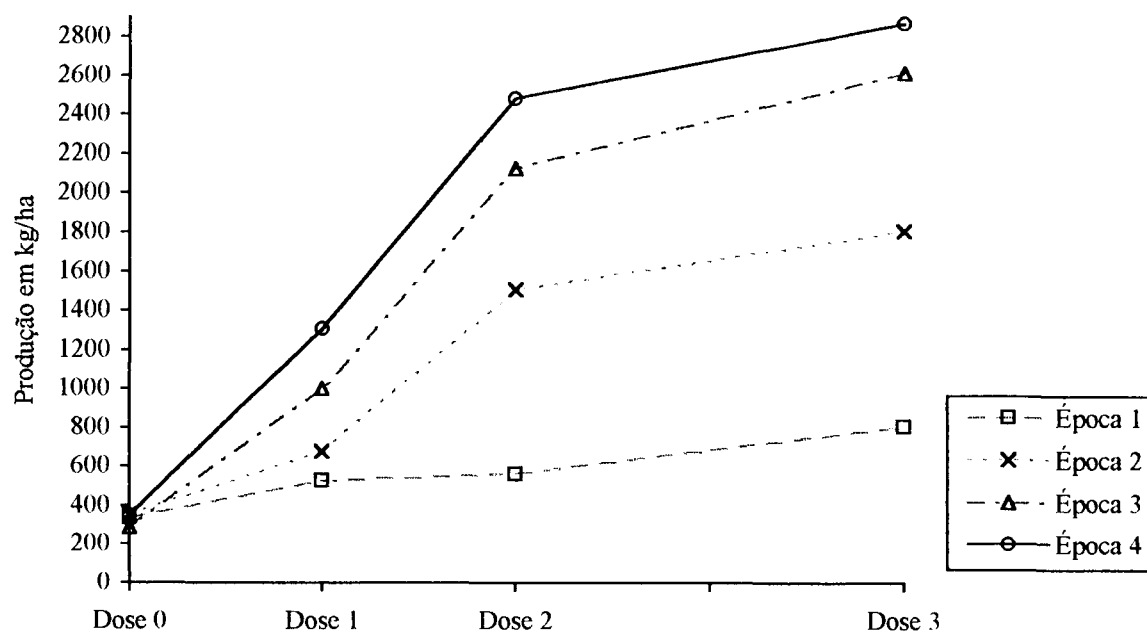
*** Coeficiente de variação obtido a partir de dados transformados.

FIGURA 8 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PRODUÇÃO DE GRÃOS EM PLANTAS DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995. PONTA GROSSA - PR.

1994



1995



4.8 TEOR DE ÓLEO

Os fatores doses e épocas de aplicação são independentes, pois não houve interação entre as doses de enxofre e as épocas de aplicação sobre o teor de óleo.

A análise de variância dos dados referentes ao teor de óleo (anexo 2) obtidos em 1994 nos mostra que existe diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade apenas entre as épocas de aplicação.

O teste de comparação das médias obtidas em 1994, como pode ser observado na tabela 11 e figura 9, aponta o teor de óleo da época “4” como o melhor resultado (41,50%). As médias dos teores de óleo das épocas “2”-39,25% e “3”-39,08%, mostraram uma tendência superior à menor concentração de óleo, verificada na época “1”-38,92%, embora não diferentes estatisticamente, reforçando os resultados apresentados por FORNASIERI FILHO, VITTI e LAM-SÁNCHEZ (1990); GRANT (1991), de que a aplicação de enxofre é mais eficiente em estádios mais afastados da semeadura desde que anteriores à floração.

A ausência de resultados mais expressivos pode ter sido decorrente da estiagem que ocorreu de maio a setembro de 1994 (tabela 2) atingindo as plantas desde a fase da roseta, alongação, floração e durando até a maturação fisiológica, o que pode ter prejudicado o desenvolvimento das plantas em função da baixa umidade no solo, justamente num período de grande intensidade na absorção de enxofre e outros elementos que dependem de umidade no solo. KARAMANOS e JANZEN (1989); KARAMANOS e JANZEN (1991); MALAVOLTA *et al.*(1987); NUTTAL e UKRAINETZ (1991) verificaram aumento na produção global (matéria seca, grãos, óleo, proteínas) na cultura da canola quando adequadamente suprida com enxofre, e os melhores resultados foram igualmente encontrados quando a aplicação de enxofre foi realizada

após a semeadura e antes da floração, num sinal de que o período de maior intensidade na utilização do enxofre ocorre nestes estádios.

A análise dos dados referentes ao teor de óleo (anexo 4) obtidos em 1995 nos mostra que existe diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade apenas entre as doses de enxofre. O teste de comparação de médias, como pode ser observado na tabela 12 e figura 10, aponta as médias do teor de óleo das plantas tratadas com as doses “0” e “1” como os melhores resultados (42,50%) e (41,50%). As médias do teor de óleo das plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3” não apresentaram diferença estatística e a menor concentração de óleo foi verificada com as doses “2” e “3”, (40,42%).

Foi observada uma relação inversamente proporcional entre a aplicação de enxofre e o teor de óleo nas sementes, pois à medida em que as doses de enxofre aumentaram, o teor de óleo decresceu, provavelmente em função da divisão na utilização dos fotoassimilados nas plantas que recebem enxofre, que podem estar prioritariamente sendo desviados para a produção de proteínas e outros compostos em detrimento da produção de óleo.

Resultados semelhantes foram observados por JOSEFSSON e APPELQVIST¹¹, citados por HOLMES e AINSLEY (1977); MAILER (1989); NUTTALL *et al.*¹² citados por GRANT e BAILEY (1990); FORNASIERI FILHO, VITTI e LAM-SÁNCHEZ (1990); WITHERS (1992); WITHERS (1993), onde se verificou que embora a produção de grãos tenha sido superior onde foi utilizado o enxofre, o teor de óleo decresceu com a elevação das doses, evidenciando uma relação inversamente proporcional entre o aumento das doses de enxofre e o teor de óleo, mas mesmo assim, a produtividade global de canola que é alcançada quando se

¹¹ Josefsson, E.; Appelqvist, L.A. J. Sci. Fd. Agric. 1968, 19, 564.

¹² Nuttall, W.F.; Ukrainetz, H.; Stewart, J.W.B.; Spurr, D.T. Can. J. Soil Sci. 1987, 67 : 545-559

utiliza enxofre em solos que apresentam deficiência, supera os eventuais decréscimos nos teores de óleo que são em escalas muito reduzidas, quando comparados com estas produtividades.

TABELA 11 EFEITOS DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA - PR.

Teor médio de óleo em %		
Época 1 (semeadura)	38,92	b
Época 2 (B-6)	39,25	b
Época 3 (D-1)	39,08	b
Época 4 (parcelada em 1/3)	41,50	a*

C.V.= 3,51%

C.V. = Coeficiente de variação em %

* Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

TABELA 12 EFEITOS DE DOSES DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR.

Teor médio de óleo em %		
Dose "0" (0 kg/ha)	42,50	a*
Dose 1 (25 kg/ha)	41,50	a b
Dose 2 (50 kg/ha)	40,42	b
Dose 3 (100 kg/ha)	40,42	b

C.V.= 3,72 %

C.V. = Coeficiente de variação em %

* Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si ao nível de significância de 5% indicado pelo teste de Tukey.

FIGURA 9 EFEITOS DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA -PR.

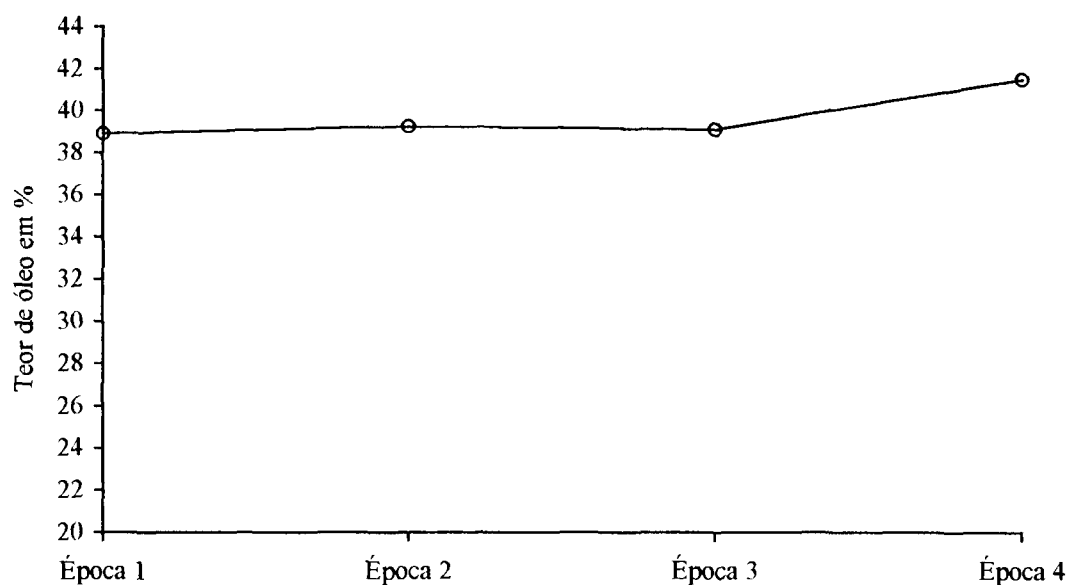
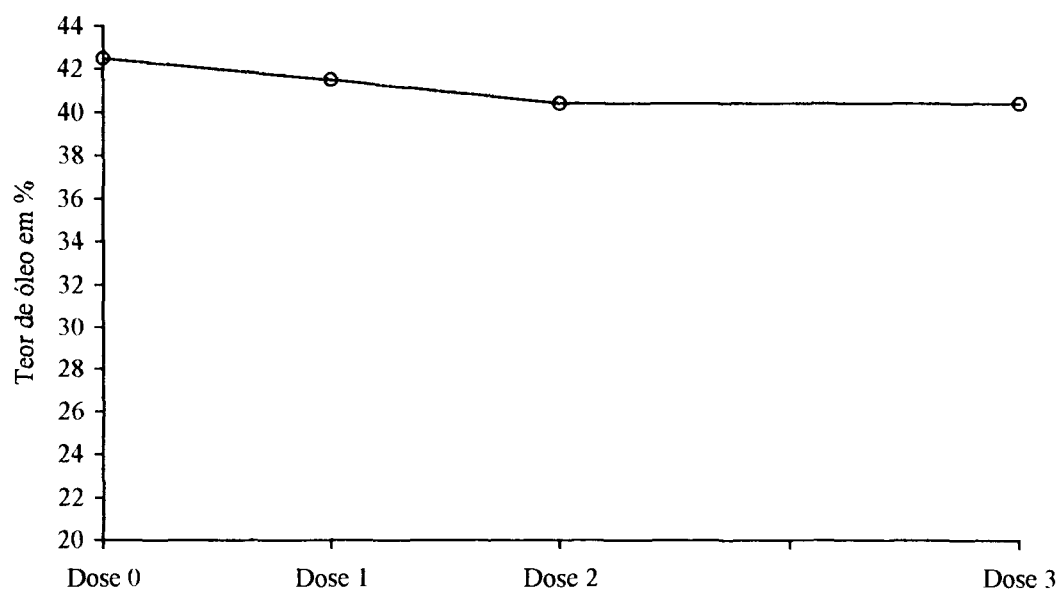


FIGURA 10 EFEITOS DE DOSES DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÓLEO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA -PR.



4.9 TEOR DE PROTEÍNAS

A análise de variância dos dados referentes ao teor de proteínas, obtidos nos ensaios de 1994 e 1995 (anexos 2 e 4), revela que os fatores doses e épocas de aplicação não são independentes, pois houve interação significativa entre eles ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de comparação das médias obtidas em 1994, ilustrado pela tabela 13 e pela figura 11, mostra que as plantas tratadas com a dose “0” apresentaram os mais baixos teores de proteínas, variando de 19,67% a 21,33%, as plantas tratadas com a dose “1”, nas épocas “1”; “2”; “3” e “4”, não apresentaram diferença estatística nos teores de proteínas, as plantas tratadas com a dose “2” são iguais estatisticamente nas épocas “2” e “3” mas diferentes estatisticamente às plantas das épocas “1” e “4”, todas porém apresentaram acréscimo no teor de proteínas de forma diretamente proporcional ao avanço das épocas de aplicação à partir da semeadura e nas plantas que tiveram como tratamento a dose “3” não foi observada diferença estatística entre as épocas de aplicação “1” e “2” e entre as épocas “3” e “4”, mas estas últimas diferem estatisticamente das duas primeiras. Os maiores teores foram verificados nas doses “2”, época “3”-29,00%, “2”, época “4”-31,00%, “3”, época “3”-32,00% e “3”, época “4”-33,00%. As médias das épocas de aplicação mostram uma elevação de 11%, em média, para cada época em que se distancia a aplicação da semeadura.

Quando analisadas numa mesma época de aplicação, os teores de proteína das plantas tratadas com as diferentes doses de enxofre “1”; “2” e “3” diferiram estatisticamente da dose “0” nas épocas “2” e “3”. Na época “1” o teor de proteínas nos grãos das plantas tratadas com a dose 1-(25 kg/ha) é estatisticamente igual ao da dose 2-(50 kg/ha), mas ambas são diferentes estatisticamente das doses “0” e 3-(100 kg/ha). Na época “2”, o teor de proteínas nos

grãos das plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3” diferem estatisticamente apenas da dose “0”. Na época “3” o teor de proteínas nos grãos das plantas tratadas com as doses “0” e “1” não difere estatisticamente entre si, mas diferem do teor de proteínas nos grãos das plantas tratadas com as doses “2” e “3”, que são da mesma forma iguais estatisticamente e na época 4-(1/3 na semeadura, 1/3 em B-6 e 1/3 em D-1) o teor de proteínas nos grãos das plantas tratadas com as doses “2” e “3” (iguais entre si estatisticamente), é diferente estatisticamente ao das plantas tratadas com as doses “1” e “0”. Analisando-se as médias das doses pode-se observar que o teor de proteínas aumentou com a utilização de doses crescentes de enxofre. A dose “1” promoveu um aumento de 11,8% na produção de proteínas em relação à dose “0”, a dose “2” elevou em 13,2% a produção de proteínas em relação à dose “1” e a dose “3” elevou a produção de proteínas em 14,0% em relação à dose “2”. GRANT (1991) trabalhando com doses de enxofre também verificou que à medida em que estas aumentaram, aumentou também o teor de proteína nos grãos.

O teste de comparação das médias obtidas em 1995, ilustrado pela tabela 13 e pela figura 11, mostra que as plantas tratadas com a dose “0” apresentaram os mais baixos teores de proteínas nos grãos, com médias variando de 20,33% a 22,00%. Os teores de proteínas nos grãos das plantas tratadas com a dose “1” não apresentaram diferença estatística entre as épocas “1”, “2” e “3” e igualmente entre as épocas “3” e “4”, porém estas últimas diferem estatisticamente das três primeiras. Os teores de proteínas nos grãos das plantas tratadas com a dose “2” não apresentaram diferença estatística entre si nas diferentes épocas de aplicação, mas pode-se observar, que mesmo nas épocas mais precoces como a época “1” e “2”, as plantas tratadas com esta dose apresentaram resultados positivos e equivalentes às aplicações posteriores.

Os grãos das plantas tratadas com a dose “3” não apresentaram diferença estatística entre as épocas “1” e “2” e igualmente entre as épocas “3” e “4”, porém estas últimas

diferem estatisticamente das duas primeiras. Analisando-se as médias das épocas pode se observar que ocorreu um acréscimo no teor de proteína na ordem de 10% a cada época em que se distancia a aplicação da sementeira. As maiores médias ocorreram com as doses, “1” na época “4”-25,00% de proteínas, dose “2” na época “4”-30,33% de proteínas e com a dose “3” na época “4”-35,00% de proteínas.

Quando analisadas numa mesma época de aplicação os teores de proteína nos grãos das plantas tratadas com enxofre nas épocas “1”, “2” e “3” e com as doses “0”, “1”, “2” e “3” não apresentaram diferença estatística entre as doses “0” e “1”, e de forma idêntica não diferem entre si as médias das plantas tratadas com a dose “2” e com a “3”, porém estas duas diferem estatisticamente das duas primeiras.

Nas plantas que receberam enxofre na época “4” não foi observada diferença estatística nos teores de proteínas no grão entre as doses de enxofre “0” e “1”, porém estas duas e as demais diferem estatisticamente. Analisando-se as médias das doses pode-se observar: a medida em que aumentaram as doses de enxofre, aumentaram também os teores de proteínas no grão em todas as épocas de aplicação. NUTTALL *et al*¹³, citados por GRANT e BAILEY (1990); GRANT (1991); ZHAO, EVANS, BILSBORROW e SYERS (1993) também observaram elevação nos teores de proteína dos grãos com o aumento das doses de enxofre.

A época “3” como aplicação unitária das doses “2” ou “3” demonstrou ser uma opção econômica na aplicação de enxofre em ambos os ensaios, pois esta época coincide com os estádios (alongação e início da floração), onde ocorre grande intensidade na utilização de enxofre pela planta. GRANT e BAILEY (1990) verificaram que o enxofre não deve ser aplicado após esta época, para que não ocorram prejuízos na produtividade.

¹³ Nuttall, W.F.; Ukrainetz, H.; Stewart, J.W.B.; Spurr, D.T. Can. J. Soil Sci. 1987, 67 : 545-559

A aplicação em época “4”, com as doses “2” ou “3” mostrou-se positiva na produção de proteínas, no sentido de sempre haver enxofre disponível para a planta em cada um destes estádios.

TABELA 13 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE PROTEÍNAS EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR.

Teor de proteínas em % do peso total de grãos					
1994	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	19,67 a B	23,33 a A B	23,33 c A B	24,33 b A	22,66
Época 2 B-6	20,33 a B	23,67 a A	25,33 b c A	25,67 b A	23,75
Época 3 D-1	21,33 a B**	24,33 a B	29,00 a b A	32,00 a A	26,66
Época 4 parcelada em 1/3	20,67 a C	25,67 a B	31,00 a* A	33,00 a A	27,58
Média das Doses	20,50	24,25	27,16	28,75	25,16
C.V. = 6,65%					
1995	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	22,00 a B	20,67 b B	27,33 a A	26,67 b A	24,16
Época 2 B-6	20,33 a B	20,67 b B	28,00 a A	28,33 b A	24,33
Época 3 D-1	20,67 a B	22,67 a b B	28,67 a A	32,67 a A	26,17
Época 4 parcelada em 1/3	21,00 a C	25,00 a* C	30,33 a B**	35,00 a A	27,83
Média das Doses	21,00	22,25	28,58	30,66	25,62
CV = 7,16%					

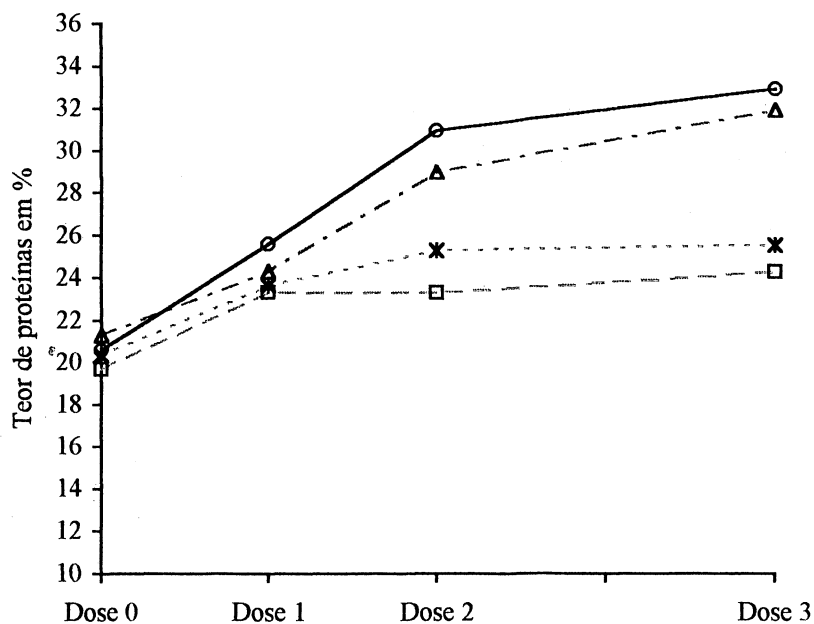
* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

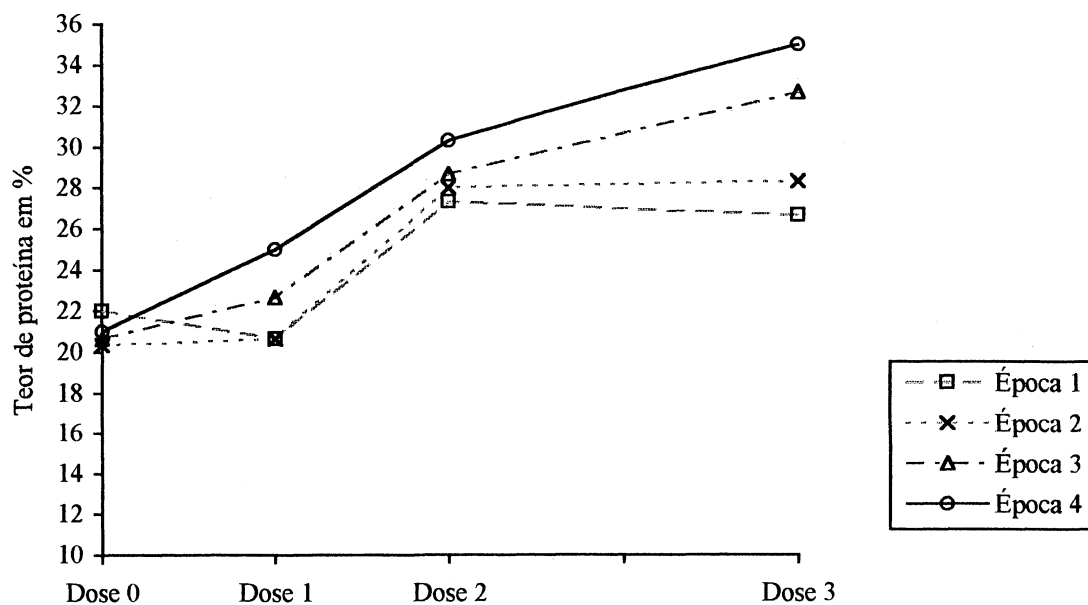
C.V. = Coeficiente de variação em %

FIGURA 11 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE PROTEÍNAS EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA-PR.

1994



1995



4.10 TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM PORCENTAGEM DO TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS

O resultado da análise de variância referente ao teor de ácido erúcido (anexos 2 e 4) nos permitiu verificar que os fatores doses e épocas de aplicação não são independentes, pois a interação entre eles foi significativa ao nível de 5% de probabilidade no ensaio realizado em 1994 e significativa a 1% de probabilidade no ensaio realizado em 1995.

O teste de comparação das médias obtidas em 1994, conforme a tabela 14 e a figura 12, revelou que os menores teores de ácido erúcido foram observados nas plantas tratadas com a dose “0”, variando de 0,33% a 0,36%. Os teores de ácido erúcido das plantas tratadas com a dose “1” nas épocas “1”, “2” e “4”, são iguais estatisticamente entre si e diferem da época “3”. As plantas tratadas com a dose “2” nas épocas “2”, “3” e “4”, apresentaram teores de ácido erúcido iguais estatisticamente entre si, da mesma forma, as que foram tratadas nas épocas “1” e “2”, porém as que foram tratadas na época “1” apresentam teores de ácido erúcido que diferem estatisticamente dos demais. Nas plantas tratadas com a dose “3” não foi observada diferença estatística nos teores de ácido erúcido entre as épocas de aplicação “1” e “2” e entre as épocas “3” e “4”, mas estas últimas diferem estatisticamente das duas primeiras. Analisando-se as médias das épocas pode se verificar que ocorre elevação dos teores de ácido erúcido em relação à época “1” até a época “3” e após o teor decresce, indicando possivelmente um efeito de diluição, pois em 1994 o teor de óleo aumentou em relação às épocas de aplicação e o ácido erúcido é um ácido graxo de cadeia longa que se forma junto com os demais ácidos graxos integrantes do teor total de óleo, porém observa-se também que as aplicações mais tardias parecem favorecer a formação deste ácido graxo.

Dentro de uma mesma época de aplicação observou-se que os teores de ácido erúico das plantas tratadas na época “1” não apresentaram diferença estatística em todas as doses de enxofre. As plantas tratadas na época “2” com as doses “1”, “2” e “3” apresentaram teores de ácido erúico estatisticamente iguais e as que receberam a dose “0” e “1” também, porém as plantas tratadas com a dose “0” apresentam teores de ácido erúico que diferem estatisticamente das demais. Na terceira época de aplicação (estádio D-1) as plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3” apenas diferiram estatisticamente da dose “0” e na época “4” não foi observada diferença estatística nos teores de ácido erúico entre as doses de enxofre “0” e “1”, porém estas duas diferem estatisticamente das demais e as maiores médias se verificaram na dose “3”.

Pode-se observar que na medida em que aumentaram as doses de enxofre ocorreu elevação dos teores de ácido erúico, porém em nenhuma das doses e em nenhuma das épocas de aplicação se verificou a perda do padrão “canola” (2% de ácido erúico).

O teste de comparação das médias obtidas em 1995, conforme a tabela 14 e a figura 12, revelou que os maiores teores de ácido erúico foram observados nas plantas tratadas com a dose “3”, nas épocas “3”-0,30% e “4”-0,43%, estas duas médias são diferentes e diferem estatisticamente das médias obtidas com esta dose nas épocas “1” e “2”, que são estatisticamente iguais entre si. Os teores de ácido erúico das plantas tratadas com as doses “0”, “1” e “2” nas épocas de aplicação “1”, “2”, “3” e “4” são iguais estatisticamente entre si. Analisando-se as médias das épocas pode se verificar que ocorre elevação de 15% no teor de ácido erúico produzido nas plantas tratadas na época “3” em relação às tratadas nas épocas “1” e “2”, e de 18% nas tratadas na época “4” em relação às tratadas na época “3”. Embora o teor de óleo em 1995 tenha sofrido um ligeiro decréscimo em função das doses de enxofre, o teor de ácido erúico não foi afetado e as aplicações mais tardias aparentam favorecer a formação deste ácido graxo.

Dentro de uma mesma época de aplicação observou-se que os teores de ácido erúico das plantas tratadas nas épocas “1” e “2” não apresentaram diferença estatística em todas as doses de enxofre. Nas épocas “3” e “4” as plantas tratadas com as doses “0”, “1” e “2” apenas diferiram estatisticamente da dose “3”. Analisando-se as médias das doses de enxofre pode-se verificar que apenas a média da dose “3” apresentou elevação dos teores em relação às demais, possivelmente indicando prioridade na formação dos ácidos graxos de cadeia mais curta e posteriormente necessidade de altas doses de enxofre para os de cadeia longa, como é o caso do ácido erúico.

É possível observar que ocorreu elevação dos teores de ácido erúico nas maiores doses e em épocas mais tardias, porém em nenhuma das doses e em nenhuma das épocas de aplicação se verificou a perda do padrão “canola” (2% de ácido erúico), mas a elevação do seu teor nas doses maiores comprova os resultados encontrados por NUTTALL *et al.*¹⁴, citados por GRANT e BAILEY (1990) onde igualmente ocorreu a elevação dos teores de ácido erúico com o aumento nas doses de enxofre. Note-se no entanto que esta cultivar apresenta caracteristicamente teores de ácido erúico baixos e é possível que em outras cultivares estes resultados possam implicar na perda do padrão canola. A manutenção do padrão “canola” tem sido motivo de preocupação para os pesquisadores, pois a fertilização com enxofre feita por produtores sem acompanhamento técnico e em solos onde a sua disponibilidade seja alta, pode aumentar o conteúdo de ácido erúico (GRANT e BAILEY, 1993).

¹⁴ Nuttall, W.F.; Ukrainetz, H.; Stewart, J.W.B.; Spurr, D.T. Can. J. Soil Sci. 1987, 67 : 545-559

TABELA 14 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR.

Teor de ácido erúrico em % do total de ácidos graxos					
1994	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	0,33 a A	0,36 b A	0,40 b A**	0,40 b A	0,37
Época 2 B-6	0,33 a B	0,40 b A B	0,43 a b A	0,43 b A	0,39
Época 3 D-1	0,36 a B	0,50 a A	0,50 a A	0,56 a A	0,48
Época 4 parcelada em 1/3	0,33 a C	0,40 b* C	0,50 a B	0,60 a A	0,45
Média das Doses	0,33	0,41	0,45	0,49	0,42
C.V.= 10,08 %					
1995	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	0,10 b B	0,10 b B	0,10 b B	0,10 c B	0,10
Época 2 B-6	0,10 b B	0,10 b B	0,13 b B	0,10 c B	0,10
Época 3 D-1	0,10 b B	0,10 b B	0,10 b B	0,30 b A	0,15
Época 4 parcelada em 1/3	0,10 b B	0,10 b B	0,10 b B	0,43 a* A**	0,18
Média das Doses	0,10	0,10	0,10	0,23	0,13
CV=11,04% ***					

* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

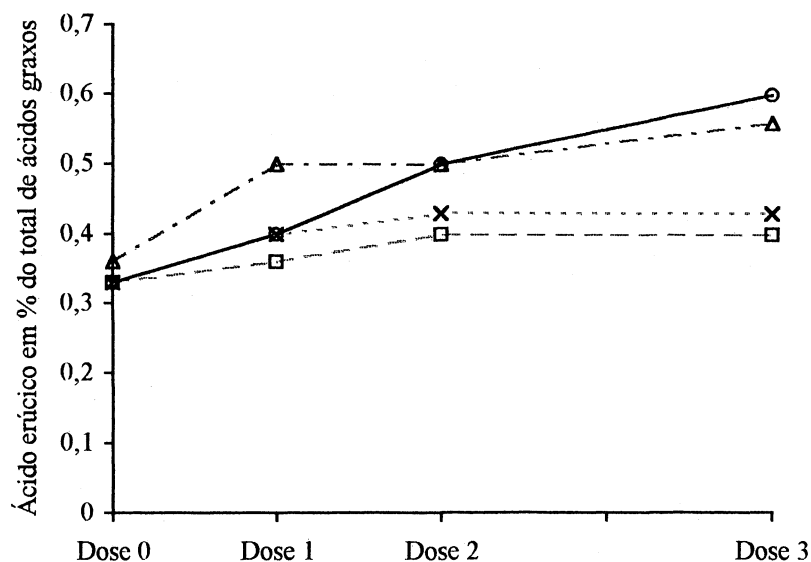
** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

C.V. = Coeficiente de variação em %

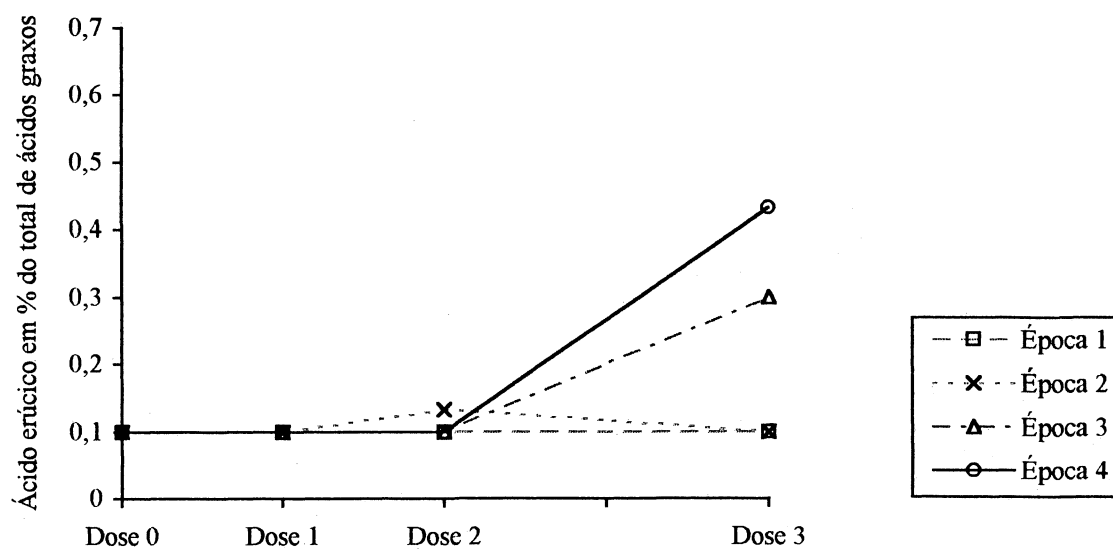
*** Coeficiente de variação obtido a partir de dados transformados.

FIGURA 12 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA -PR.

1994



1995



Obs. : para o padrão "canola" aceita-se até 2% de ácido erúrico

4.11 TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM $\mu\text{mol/g}$ DE FARELO SECO

A análise de variância dos dados obtidos nos ensaios conduzidos em 1994 e 1995 (anexos 2 e 5) referentes ao teor de glucosinolatos nos revelou que os fatores doses e épocas de aplicação não são independentes, pois houve interação significativa entre eles ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de comparação das médias, representado pela tabela 15 e pela figura 13, mostra que as plantas tratadas com a dose “0” nas épocas de aplicação “1”, “2”, “3” e “4”, apresentaram teores de glucosinolatos estatisticamente iguais e nesta dose, se verificaram os menores teores, variando entre 4,73 $\mu\text{mol/g}$ e 5,13 $\mu\text{mol/g}$. As plantas tratadas com a dose “1” apresentaram teores de glucosinolatos estatisticamente iguais nas épocas “1” e “2” e nas épocas “3” e “4”, porém estas duas diferem estatisticamente das duas primeiras. As doses “2” e “3” apresentaram elevação dos teores em razão diretamente proporcional ao acréscimo de enxofre, havendo diferenças estatísticas entre todas as épocas de aplicação. Os maiores teores se verificaram nas doses “2” e “3” e nas épocas de aplicação “3” e “4”, variando de 7,93 $\mu\text{mol/g}$ a 21,00 $\mu\text{mol/g}$.

Dentro de uma mesma época de aplicação observou-se que os teores de glucosinolatos das plantas tratadas na época “1” com as doses “0”, “1” e “2” são estatisticamente iguais e os teores das plantas tratadas com as doses “1”, “2” e “3” também o são, porém os teores de glucosinolatos das plantas tratadas na dose “0” são estatisticamente diferentes aos da dose 3. Na época “2”, as doses “0” e “1” apresentam teores de glucosinolatos estatisticamente iguais e as doses “1”, “2” e “3” igualmente o são, porém estas três últimas diferem estatisticamente da dose “0”. Na época “3”, as plantas tratadas com a dose “0” apresentaram teores de glucosinolatos

diferentes estatisticamente aos da dose “1”, e esta apresentou teores estatisticamente diferentes aos das doses “2” e “3”, que estatisticamente não diferem entre si. Na época “4”, os teores de glucosinolatos das plantas apresentaram diferença estatística e elevação em relação à disponibilidade de enxofre nas doses “1”, “2” e “3” e são superiores às plantas tratadas com a dose “0”. As médias das doses mostram que os maiores teores de glucosinolatos se verificaram com as doses “2” e “3”, estas apresentando uma elevação média de 16,1% e 20,3% sobre as doses “1” e “2” respectivamente e as médias das épocas mostram elevação no teor de glucosinolatos quando as doses são aplicadas mais tardiamente, indicando que apesar de os glucosinolatos serem encontrados em toda a planta durante o ciclo todo, sua produção é mais intensa nestes estádios.

O teste de comparação das médias obtidas em 1995, representado pela tabela 15 e pela figura 13, mostra que as plantas tratadas com a dose “0” nas épocas de aplicação “1”; “2”; “3” e “4”, apresentaram teores de glucosinolatos estatisticamente iguais e nesta dose se verificaram os menores teores, variando entre 5,00 $\mu\text{mol/g}$ e 5,33 $\mu\text{mol/g}$. As plantas tratadas com a dose “1” apresentaram variação nos teores de glucosinolatos em função das épocas de aplicação, apontando as épocas “2” e “3” com os maiores valores. As plantas tratadas com a dose “2” apresentaram as médias dos teores de glucosinolatos estatisticamente iguais em todas as épocas de aplicação. As médias dos teores de glucosinolatos das plantas tratadas com a “3”, não diferiram estatisticamente entre as épocas “3” e “4”, e estas bem como as demais diferem estatisticamente entre si. Neste tratamento e nas épocas “3” e “4” é que se verificaram os maiores teores.

Dentro de uma mesma época de aplicação observou-se que os teores de glucosinolatos das plantas tratadas na época “1” com as doses “0”, “1”, “2” e “3” são estatisticamente iguais. Na época “2”, as plantas tratadas com as doses “0”, “1” e “2” são estatisticamente iguais e as tratadas com as doses “1”, “2” e “3” igualmente o são, porém a dose

“3” difere estatisticamente da dose “0”. Na época “3”, as plantas tratadas com as doses “1” e “2” apresentaram teores de glucosinolatos estatisticamente iguais e estes dois e os demais diferem estatisticamente entre si. Na época “4”, os teores de glucosinolatos das plantas tratadas com as doses “0” e “1”, são iguais estatisticamente, os das plantas tratadas com as doses “1” e “2” igualmente o são, porém as médias da dose “0” diferem estatisticamente da dose “3”.

As médias das doses mostram que ocorreu elevação no teor de glucosinolatos em relação ao aumento das doses de enxofre, principalmente com a dose “3” e as médias das épocas indicam que as épocas “3” e “4” proporcionaram maior produção de glucosinolatos em relação às aplicações em estádios iniciais.

As figuras 12 (1995) e 13 (1995) mostram semelhança no comportamento de acúmulo de ácido erúico e glucosinolatos, parecendo haver uma priorização no enxofre que é absorvido nos estádios iniciais para a formação de compostos estruturais, para daí então haver o acúmulo de compostos de reserva, incluindo o ácido erúico e os glucosinolatos. Sob condições de estresse hídrico, ilustrado pelas figuras 12 (1994) e 13 (1994), o acúmulo de ácido erúico e glucosinolatos ocorre mais precocemente, mas ainda assim se observa o favorecimento das aplicações mais tardias. A elevação da produção global é desejada, porém junto com os compostos de interesse podem se formar os glucosinolatos, MERRIEN (1989); SCHNUG (1989); MAILER (1989); GRANT (1991); WITHERS (1992); WITHERS (1993); ZHAO, EVANS, BILSBORROW e SYERS (1993); GRANT e BAILEY (1993) encontraram resultados semelhantes na elevação no teor glucosinolatos com o aumento das doses de enxofre, sugerindo cautela na fertilização com enxofre, pois quando se aumentam as suas doses, as crucíferas podem formar os glucosinolatos. Mas mesmo tendo havido elevação dos teores de glucosinolatos, estes não foram suficientes para a perda do padrão “canola” (30 $\mu\text{mol/g}$) em nenhuma das doses,

evidenciando as características desejáveis do ponto de vista genético, de apresentar baixos teores de glucosinolatos e que qualificaram a cultivar ICIOLA-41 utilizada nos ensaios, porém outras cultivares que não possuam tais atributos podem facilmente superar o padrão canola.

TABELA 15 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM FARELO DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA - PR.

Teor de glucosinolatos em $\mu\text{mol/g}$ de farelo seco e livre de óleo						
1994	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas	
Época 1 semeadura	4,73 a B	5,03 b A B	5,16 d A B	5,26 d A	5,04	
Época 2 B-6	5,06 a B	5,50 b A B	5,70 c A	5,86 c A	5,53	
Época 3 D-1	5,13 a C	6,76 a B**	7,93 b A	8,16 b A	6,99	
Época 4 parcelada em 1/3	4,93 a D	6,20 a C	13,33 a* B	21,00 a A	11,36	
Média das Doses	4,96	5,87	8,03	10,07	7,23	
C.V.=2,12%***						
1995	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas	
Época 1 semeadura	5,00 a A	5,00 c A	5,66 a A	5,66 c A	5,33	
Época 2 B-6	5,33 a B**	7,00 a b A B	7,00 a AB	8,33 b A	6,91	
Época 3 D-1	5,00 a C	7,66 a B	7,00 a B	17,66 a A	9,33	
Época 4 parcelada em 1/3	5,33 a C	5,66 b c* B C	7,33 a B	20,66 a A	9,74	
Média das Doses	5,16	6,33	6,74	13,07	7,82	
CV = 6,19%***						

* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

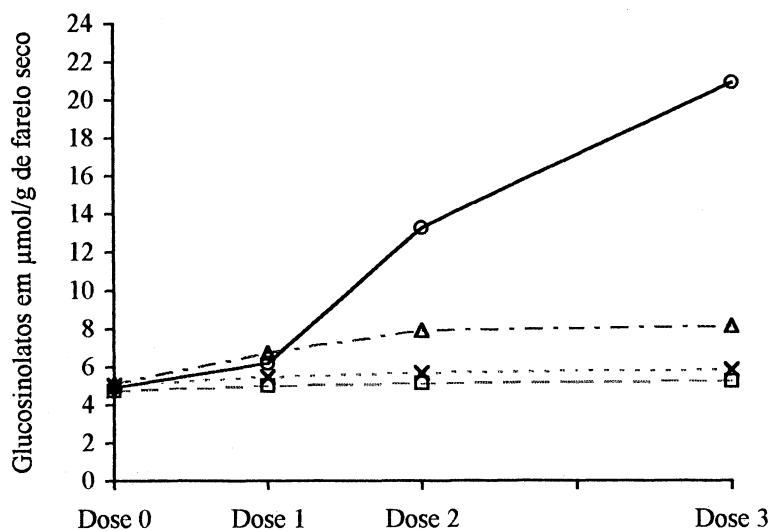
** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

C.V. = Coeficiente de variação em %

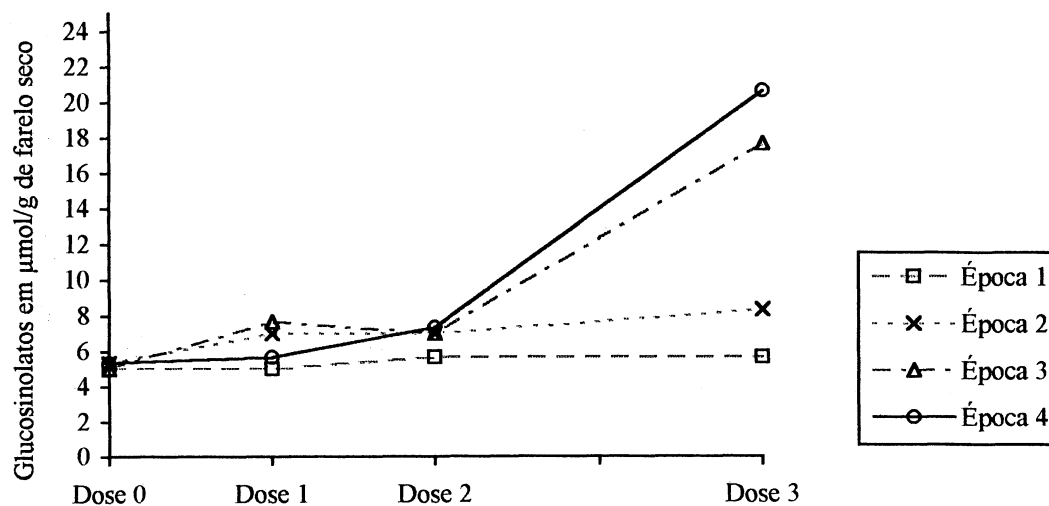
*** Coeficiente de variação obtido a partir de dados transformados.

FIGURA 13 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE O TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM FARELO DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994 E 1995, PONTA GROSSA -PR.

1994



1995



Obs. : para o padrão "canola" aceita-se até 30 µmol/g de glucosinolatos

4.12 MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE

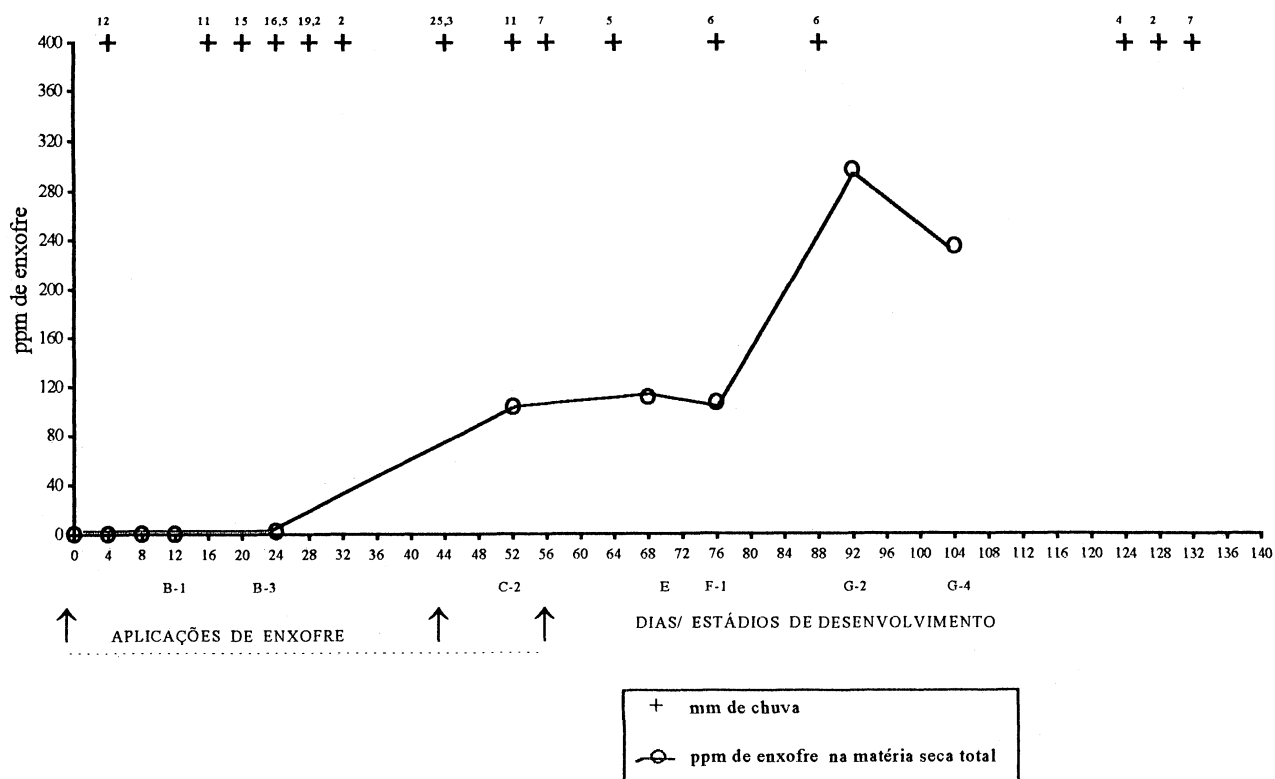
Com o objetivo de se conhecer a marcha de absorção do enxofre pela canola em função do estágio de desenvolvimento, foi realizado o acompanhamento nas plantas, em solos deficientes em enxofre na região de Ponta Grossa-PR nos anos de 1994 e 1995.

Em 1994 foi utilizado o tratamento que recebeu a maior quantidade de enxofre e na maior parte do seu ciclo vegetativo (ilustrado pelas figuras 2-A e 2-B), a dose “3”, em época “4”. Observa-se pela figura 14, que a partir do estágio B-3 (três folhas) as plantas tiveram aumento na concentração de enxofre, e a partir de C-2 (início da elongação) iniciou-se o processo de crescimento vertical, onde aumentaram as ramificações laterais e surgiram os primeiros botões florais. A concentração permaneceu constante até F-1 (início da floração), e a partir daí ocorre o máximo do acúmulo, na fase de floração e formação de siliquas e grãos, até o estágio G-2 (10 primeiras siliquas com comprimento entre 2 e 4 cm), provavelmente em função do rápido crescimento vegetativo pelo qual passam as plantas, juntamente com a formação das flores, siliquas e grãos. A partir deste estágio constatou-se a menor quantidade do elemento na matéria seca pela própria senescência da planta, queda natural de folhas e aumento da concentração de enxofre nas siliquas e grãos.

Não se verificou nenhuma alteração no ciclo vegetativo em dias, nem nos estádios de desenvolvimento.

FIGURA 14 MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE NA CANOLA (*Brassica napus* l.var. *oleifera*) CULTIVAR ICIOLA-41, REALIZADA COM A DOSE 3-(100 kg/ha) EM ÉPOCA 4-(1/3 NA SEMEADURA, 1/3 B-6 E 1/3 D-1), FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA-PR.

Estádios de desenvolvimento	ppm de enxofre na matéria seca pesada	peso de matéria seca em gramas
B-1 (uma folha)	0,218	0,105
B-3 (três folhas)	2,148	0,246
C-2 (início da elongação)	103,489	16,313
E (final da elongação)	111,229	19,873
F-1 (floração)	106,508	17,107
G-2 (início da maturação)	296,863	41,800
G-4 (maturação)	234,487	60,125



Em 1995 foi também realizado o acompanhamento da absorção do enxofre em função dos estádios de desenvolvimento das plantas de canola (ilustrados pelas figuras 2-A e 2-B) em solos deficientes em enxofre na região de Ponta Grossa-PR, utilizando-se como tratamentos as doses “3” na época “4” e “0”.

Observou-se nas plantas tratadas com a dose “3” na época “4”, conforme a figura 15-A, que a partir do estágio B-3 (três folhas verdadeiras) as plantas tiveram aumento na concentração de enxofre, em B-6 (seis folhas) e B-6R (formação da roseta), observou-se grande acúmulo em relação aos estádios anteriores, passando de 7,464 ppm em B-5 (cinco folhas) a 33,533 ppm em B-6R. À partir de C-2 (início da elongação) iniciou-se o processo de crescimento vertical, com aumento das ramificações laterais e surgimento dos primeiros botões florais. As plantas apresentaram acúmulos crescentes de enxofre e a concentração sofreu pequenas flutuações nos estádios D-2 (elongação, com a inflorescência principal visível) e F-1 (início da floração). À partir de G-3 (10 primeiras siliquas tem comprimento superior a 4 cm), verificou-se redução na concentração do elemento na matéria seca da parte aérea, pela própria senescência da planta e por efeito de diluição, mas em relação ao peso total (parte aérea, raiz, siliquas e grãos), a concentração permaneceu sempre crescente.

Para a dose “0”, observou-se (figura-15-B) que a partir de B-4 (quatro folhas verdadeiras) as plantas tiveram aumento na concentração de enxofre, à partir de C-2 (início da elongação) começou o processo de crescimento vertical, apresentando um acúmulo em concentrações bem menores do que em relação a dose “3”, em época “4”, as ramificações laterais aumentaram e surgiram os primeiros botões florais. Até F-1 (início da floração), o acúmulo se mantém crescente, porém em G-2 (10 primeiras siliquas tem comprimento entre 2 e 4 cm), G-3 (10 primeiras siliquas tem comprimento superior a 4 cm) e G-4 (maturação das 10 primeiras

síliquas), a concentração do enxofre na matéria seca da parte aérea se mostrou menor, mas em relação ao peso total (parte aérea, raiz, síliquas e grãos), a concentração permaneceu crescente.

Pode se observar que o maior acúmulo de enxofre ocorre em estádios mais afastados da semeadura principalmente após o estágio B-6, indicando que o crescimento inicial é relativamente lento, mas quando a planta inicia a elongação e a formação dos componentes da produção (estatura, ramificações, botões florais, flores e síliquas) verifica-se um intenso acúmulo sinalizando a sua utilização pela planta. Isto responde algumas observações feitas de que as melhores épocas para a aplicação de enxofre ocorrem em estádios mais tardios e confirma os resultados semelhantes encontrados por CASARINI, *et al.* (1984); MALAVOLTA, *et al.* (1984); GRANT e BAILEY (1990); NUTTALL e UKRAINETZ (1991) os quais verificaram que a melhor época para a aplicação de enxofre vai do estágio C-2 (início da elongação), (figuras 2-A e 2-B), até F-1 (início da floração). Aplicações posteriores podem comprometer a produtividade pela ausência do elemento em períodos importantes do crescimento da planta, como a formação dos componentes da produção.

FIGURA 15-A MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE NA CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) CULTIVAR ICIOLA-41, REALIZADA COM A DOSE 3 (100 kg/ha) EM ÉPOCA 4 (1/3 NA SEMEADURA, 1/3 B-6 E 1/3 D-1). FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA- PR.

Estádios	ppm de enxofre na matéria seca			peso de matéria seca em gramas		
	parte aérea	raiz	síliqua	parte aérea	raiz	síliqua
B-1	0,777			0,095	0,010	
B-2	0,686			0,080	0,011	
B-3	2,198			0,212	0,034	
B-4	5,049			0,440	0,260	
B-5	7,464			0,440	0,100	
B-6	21,705			2,796	0,227	
B-6 roseta	33,533			3,263	0,278	
C-1	48,148	3,237		4,326	0,331	
C-2	185,372	10,982		15,320	0,993	
D-1	161,720	36,564		18,917	4,968	
D-2	123,519	11,803		11,437	1,503	
E	175,016	16,197		17,260	2,613	
F-1	112,296	22,565		14,204	2,903	
G-2	234,986	17,094		34,400	7,400	
G-3	242,420	23,997		78,200	12,200	
G-4	223,200	79,590	378,822	72,000	30,000	57,000

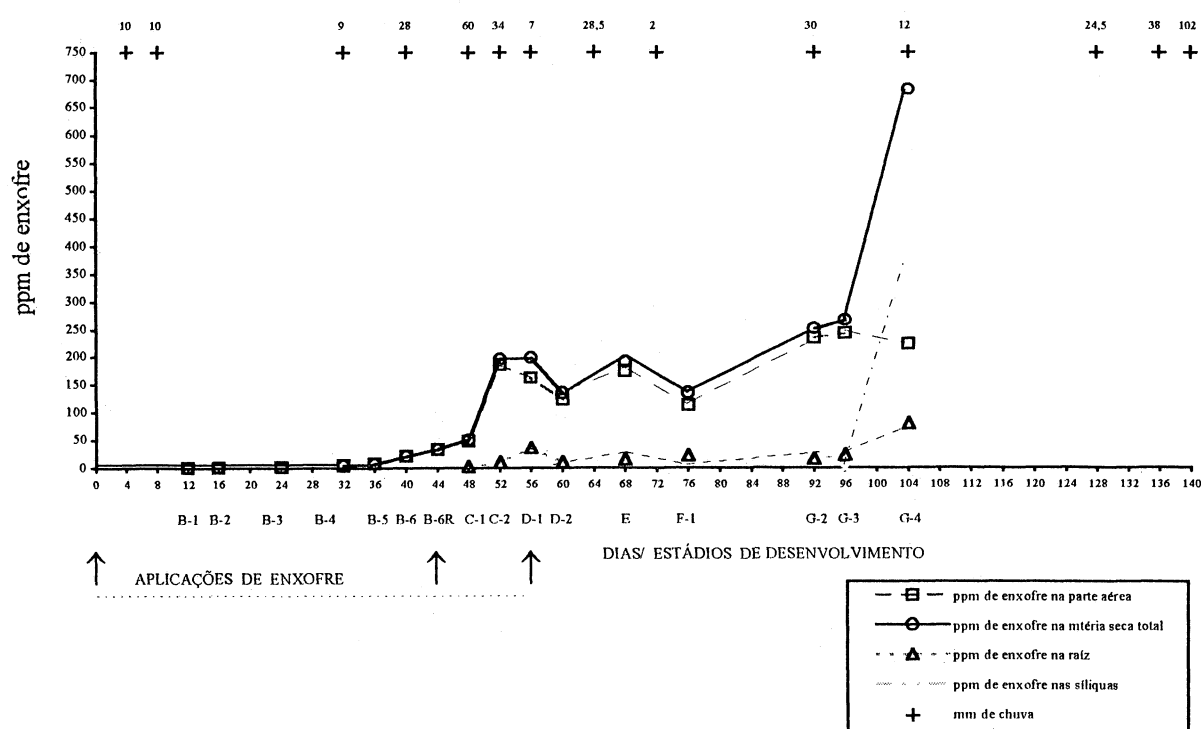
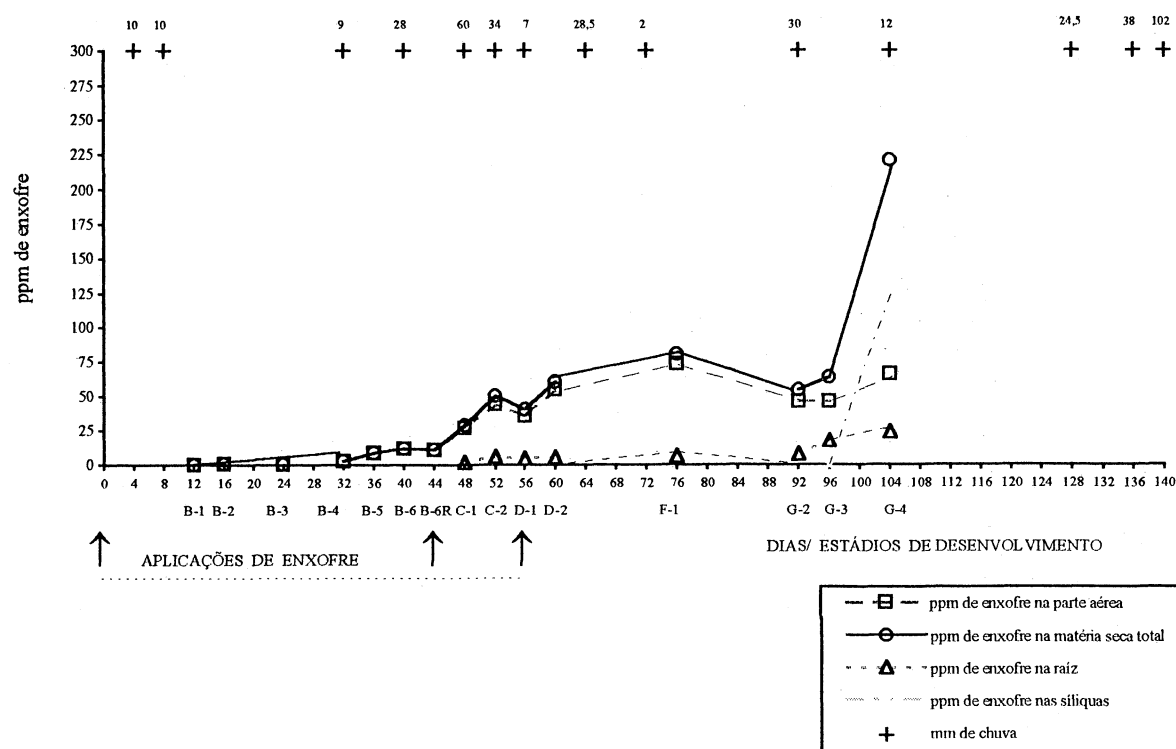


FIGURA 15-B MARCHA DE ABSORÇÃO DE ENXOFRE NA CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) CULTIVAR ICIOLA-41, REALIZADA COM A DOSE "0" (0 kg/ha). FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR.

Estádios	ppm de enxofre na matéria seca			peso de matéria seca em gramas		
	parte aérea	raiz	síliqua	parte aérea	raiz	síliqua
B-1	0,090			0,026	0,007	
B-2	0,719			0,111	0,018	
B-3	0,504			0,085	0,010	
B-4	2,790			0,251	0,190	
B-5	9,062			1,078	0,098	
B-6	12,206			1,011	0,360	
B-6R	11,180			1,417	0,219	
C-1	26,812	1,821		2,750	0,420	
C-2	44,122	6,122		5,543	0,601	
D-1	35,986	4,563		4,280	0,881	
D-2	54,882	5,534		5,739	0,825	
F-1	73,692	6,748		8,280	1,480	
G-2	46,318	8,048		10,950	4,000	
G-3	45,900	17,920		20,400	6,400	
G-4	66,300	24,066	130,65	39,000	18,000	25,000



4. 13 PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO

O resultado da análise de variância dos dados obtidos no ensaio conduzido em 1995 referentes à porcentagem de germinação (anexo 5) nos permite verificar que os fatores doses e épocas de aplicação não são independentes, pois houve interação significativa entre eles ao nível de 1% de probabilidade.

O teste de comparação das médias obtidas em 1995 nos mostra (tabela 16 figura 16) que ocorreram poucas variações no percentual de germinação das plantas tratadas com as diferentes doses. As maiores médias foram verificadas com a dose “1” na época “4”- 93,33% e com as doses “0”, “2” e “3” na época “3” (97,33%; 95,67% e 93,33%) respectivamente.

Quando analisadas dentro de uma mesma época de aplicação, os resultados indicaram que as épocas “1” e “2” apresentaram médias de porcentagem de germinação que não diferiram estatisticamente entre si quando tratadas com as doses “0”, “1”, “2” e “3”. Na época “3” sómente a dose “1” diferiu estatisticamente das demais, e apresentou a menor média desta época de aplicação, e na época “4” apenas a dose “1” diferiu estatisticamente das demais, e apresentou a maior média desta época de aplicação. HARRINGTON¹⁵, citado por POPINIGIS (1985), menciona que sementes produzidas por plantas deficientes em nutrientes, perdem rapidamente o seu poder germinativo. Estes resultados porém, indicam que as deficiências provocadas pela dose “0” e pelos demais tratamentos em épocas iniciais de desenvolvimento não chegaram a comprometer a formação do embrião ou dos tecidos de reserva.

¹⁵ HARRINGTON, J.F. Hilgardia, 30: 219-35, 1960.

TABELA 16 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* l. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.

% DE GERMINAÇÃO					
	Dose 0 = 0 kg/ha	Dose 1 = 25 kg/ha	Dose 2 = 50 kg/ha	Dose 3 = 100 kg/ha	Média das Épocas
Época 1 semeadura	83,33 b A	83,33 b A	82,67 b A	84,33 b A	83,41
Época 2 B-6	85,00 b A	83,67 b A	83,00 b A	81,33 b A	83,25
Época 3 D-1	97,33 a A	83,00 b B**	95,67 a A	93,33 a A	92,33
Época 4 parcelada em 1/3	82,00 b B	93,33 a* A	82,67 b B	83,67 b B	85,41
Média das Doses	86,91	85,83	86,00	85,66	86,10

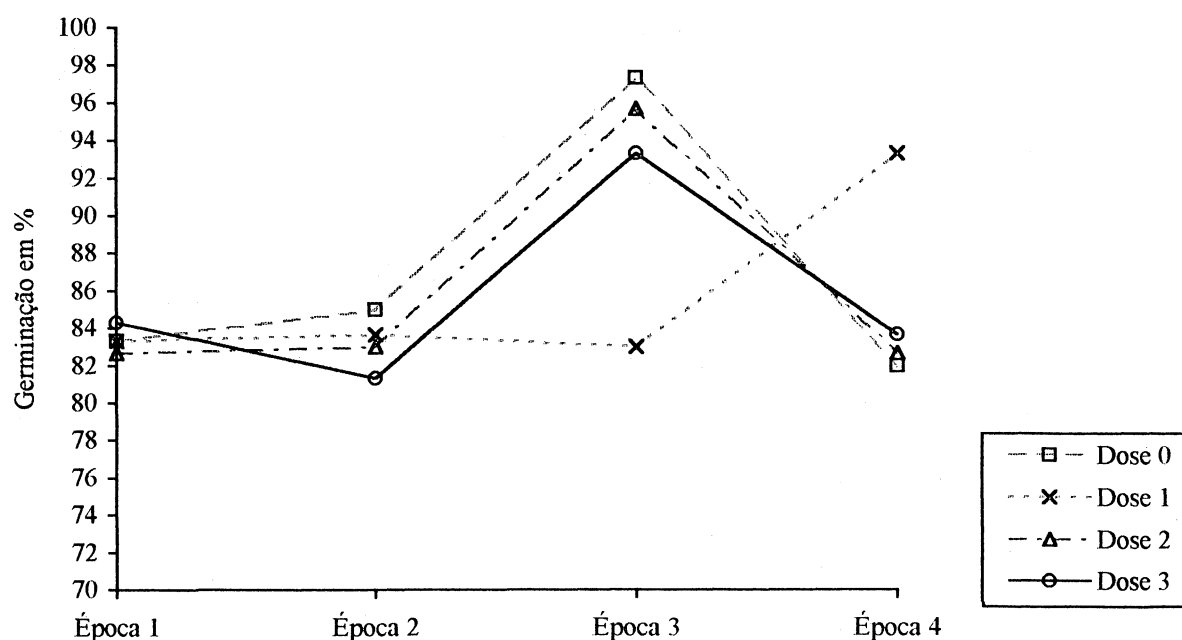
C.V. = 4,02 %

C.V. = Coeficiente de variação em %

* Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na vertical diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na horizontal diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

FIGURA 16 EFEITOS DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* l. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA-PR.



4.14 PORCENTAGEM DE VIGOR

O resultado da análise de variância dos dados obtidos no ensaio conduzido em 1995 referentes à porcentagem de vigor (anexo 5) nos permitiu verificar que os fatores doses e épocas de aplicação são independentes, pois não houve interação entre eles. A análise dos dados nos mostra que existe diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre as épocas de aplicação de enxofre.

O teste de comparação das médias obtidas em 1995 ilustradas pela tabela 17 e pela figura 17, revela que não há diferença estatística entre as médias das porcentagens de vigor tratadas nas épocas “1”, “2”, “3” e “4”, porém a análise de variância reconhece pelo menos uma média diferente. THOMAS (1984) verificou que a deficiência em enxofre pode comprometer a formação do embrião e também dos tecidos de reserva das sementes, podendo prejudicar-lhes a germinação e o vigor.

TABELA 17 EFEITOS DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE VIGOR EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1995, PONTA GROSSA - PR.

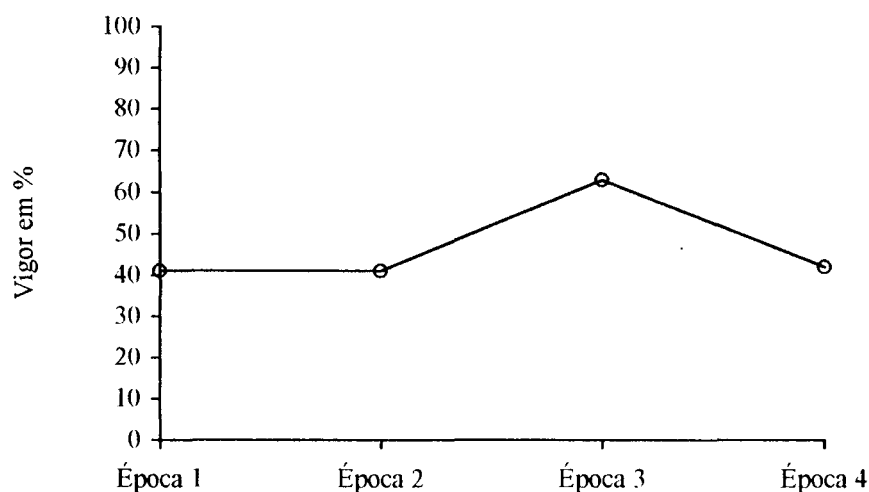
% DE VIGOR APÓS CÂMARA DE ENVELHECIMENTO PRECOCE (42°C, 100% UR., 24 HORAS)	
Época 1 semcadura	41,08 a
Época 2 B-6	41,08 a
Época 3 D-1	63,00 a
Época 4 parcelada em 1/3	42,00 a*

C.V.= 43,35 %

C.V. = Coeficiente de variação em %

* Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si ao nível de significância de 5 % indicado pelo teste de Tukey.

FIGURA 17 EFEITOS DE ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE ENXOFRE SOBRE A PORCENTAGEM DE VIGOR EM SEMENTES DE CANOLA (*Brassica napus* L. var. *oleifera*), CULTIVAR ICIOLA-41. FAZENDA ESCOLA DA UEPG, 1994, PONTA GROSSA -PR.



4. 15 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do trabalho com a cultura da canola na região de Ponta Grossa, junto às cooperativas, órgãos de pesquisa e produtores desde 1993 e após o estudo sobre os efeitos de doses e épocas de aplicação de enxofre na produção, na qualidade do óleo e da semente de canola (*Brassica napus* L. var. *oleifera*) cultivar ICIOLA-41, realizado em Ponta Grossa, nos anos de 1994 e 1995, podemos apresentar as seguintes considerações:

A época “4”, apesar de ter sido apontada estatisticamente como a melhor época de aplicação, apresenta o complicador de ter de ser feita em três operações de mecanização. Por isso deve se levar em conta os resultados obtidos pela época “3”, que em muitas variáveis não diferiram estatisticamente da época “4”, citada por inúmeros autores como momento ideal para

aplicação de enxofre e representa menos operações de mecanização com menos custos de produção;

A dose “3” promove a maior produção de grãos e não compromete a qualidade do óleo nem das sementes;

Considerando a diferença entre o valor do aumento na produção de grãos e as despesas decorrentes desta prática, não há motivo para descartar a dose “2”;

As doses e épocas utilizadas não comprometem a qualidade da produção de grãos, óleo e sementes;

O parcelamento, época “4”, é efetivamente vantajoso quando da ocorrência de restrição hídrica;

Em nenhum dos tratamentos com as diferentes doses de enxofre, o padrão “canola” para ácido erúico (até 2%) e glucosinolatos (até 30 $\mu\text{mol/g}$) foi alterado, porém a sua elevação foi observada nas doses mais elevadas, fato que deve ser considerado quando se tratar de produtores que possam utilizar fertilização com enxofre em solos com altos teores do elemento;

A deficiência de enxofre ao interferir na estatura das plantas altera o número de ramificações, a formação dos botões florais, a produção de síliquas e conseqüentemente a produção de grãos;

As síliquas foram os componentes da produção mais afetados visualmente pela deficiência. No início de sua formação (estádio G-1), ocorrendo queda acentuada e na fase de crescimento das primeiras síliquas (estádio G-2) apresentavam-se mal formadas, encurvadas e com níveis de engrossamento;

Os estádios C-2 e G-3 são os de máxima necessidade de enxofre;

Não foi provocado o acamamento das plantas por nenhuma das doses ou épocas testadas tanto em deficiência quanto em excesso;

A canola é fortemente afetada por condições edafo-climáticas adversas, tais como: baixa fertilidade e baixa disponibilidade de enxofre no solo e falta de água no solo, exigindo uma análise criteriosa da região onde se pretende implantar a cultura para verificar se as condições são favoráveis;

A diferença do ensaio conduzido sem irrigação em 1994 para o ensaio conduzido com irrigação em 1995, foi notada na menor estatura de plantas, na menor quantidade de matéria seca, na menor produção de grãos, e no teor de óleo que em 1994 sofreu variação em função das épocas de aplicação e em 1995 em função das doses;

Em muitas variáveis a dose “0” de enxofre aplicada na época “3”, onde as plantas receberam apenas a adubação nitrogenada de equilíbrio, apresentaram resultados superiores às demais médias do mesmo tratamento. Uma das prováveis respostas para o fato, pode ser o pico de absorção de nitrogênio que ocorre na pré-floração, apresentando estas plantas então um reflexo desta época de aplicação de nitrogênio. O fato carece de mais estudos para que se possa concluir a respeito;

Podem ser feitos ensaios que permitam análises econômicas identificando a relação custo/benefício na interação dose x época em variedades menos tolerantes;

Esta linha de pesquisa deve ter continuidade por parte de pesquisadores interessados em verificar os efeitos de doses de enxofre ainda maiores sobre esta mesma cultura, pois as respostas de todas as variáveis, exceto o teor de óleo, se mostraram crescentes, indicando que as plantas poderiam responder ainda mais aos acréscimos de enxofre, e por pesquisadores

interessados na avaliação das características qualitativas do óleo tais como os teores de ácidos graxos (linoleico, oleico e linolênico).

5 CONCLUSÕES

Do estudo sobre os efeitos de doses e épocas de aplicação de enxofre na produção, na qualidade do óleo e da semente de canola (*Brassica napus L. var. oleifera*) cultivar ICIOLA-41, realizado em Ponta Grossa, nos anos de 1994 e 1995, podem ser obtidas as seguintes conclusões:

Os fatores doses e épocas de aplicação de enxofre interagiram ao mesmo tempo na maioria das variáveis (estatura, número de ramificações por planta, número de síliquas por planta, quantidade total de matéria seca, número de grãos por síliqua, produção de grãos, teor de proteína, teor de ácido erúcico, teor de glucosinolatos e porcentagem de germinação), exceto as variáveis (teor de óleo e porcentagem de vigor) que não mostraram interação com os fatores estudados;

A medida em que se aumenta a dose de enxofre, a produção de grãos e o teor de proteínas tornaram-se maiores, sendo a dose “3” a que trouxe maior benefício para a cultura, para quase todos os tratamentos dos ensaios conduzidos em 1994 e 1995, porém em 1995 foi observada uma relação inversa entre o teor de óleo das sementes e o aumento nas doses;

Os teores de ácido erúcico e de glucosinolatos igualmente aumentaram com a elevação das doses, apesar do padrão “canola” para ácido erúcico (até 2%) e glucosinolatos (até 30 $\mu\text{mol/g}$) não ter sido ultrapassado em nenhuma das doses testadas;

A porcentagem de germinação e a porcentagem de vigor das sementes obtidas no ensaio conduzido em 1995 foram beneficiadas pela aplicação de enxofre na época “3”, onde se observaram os melhores resultados;

A época “4”, como forma de aplicação parcelada de enxofre é a mais indicada, pois manteve constante a sua disponibilidade proporcionando os melhores resultados na produção de grãos e no teor de proteínas, mas a época “3” demonstrou ser uma opção alternativa para a aplicação única de enxofre visando a produção de grãos e teor de proteínas, com menos trânsito na lavoura, menos danos por amassamento à cultura e portanto menos custos de aplicação por hectare, pois as respostas mais expressivas de produção e qualidade foram obtidas quando a aplicação foi feita em estádios mais avançados em relação à semeadura.

A demanda pelo enxofre ocorre desde os estádios mais precoces (B-N) até os estádios mais avançados de desenvolvimento, sendo utilizado quase até o fim do ciclo e através da marcha de absorção de enxofre pode-se verificar que no estádio em que os internódios começam a ficar visíveis e inicia a elongação (estádio C-2), ocorre o momento de máxima necessidade e no estádio em que as dez primeiras síliquas atingem comprimento superior a 4 cm (G-3), ocorre o momento de maior acúmulo do elemento na planta e no período que vai do início do estádio de roseta (B-6) ao início da floração (F-1), é aquele onde se deve aplicar enxofre;

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 BRAGACHINI, M.; CARRIZO, R.; BONETTO, L. **Cosecha de colza**. INTA/ PROPECO, Córdoba, n. 8, p. 3-35, 1991?
- 2 BAIER, A.C.; ROMAN, E.S. **Informações sobre a cultura da “canola” para o sul do Brasil**. In: I Seminário estadual de canola. (1992 : Médiãneira). Passo Fundo : EMBRAPA/CNPT, p. 1- 10. 1992.
- 3 CASARINI, M.A.G.S. *et al.* **Absorção, concentração e exportação de nutrientes por duas linhagens de colza (*Brassica napus*) em função da idade. I - macronutrientes**. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, v.41, p. 37-84, 1984.
- 4 CIOLA, R. **Introdução à cromatografia em fase gasosa**. São Paulo : Ed. Blücher/USP, p. 3-231, 1973.
- 5 DUXBURY, D.D. **Butter replacer developed from canola oil**. Food Processing, Kankakee, n. 2, p. 45-48, 1989.
- 6 FORNASIERI Fº, D.; VITTI, G. C.; LAM-SÁNCHEZ, A. **Efeitos de fontes e doses de enxofre na cultura da colza (*Brassica napus L. var. oleifera*), I. produção de grãos e teores de óleo e proteína**. Científica, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 55-60, 1990.
- 7 GRANT, C.A.; BAILEY, L.D. **Fertility management in canola production**. In: International Canola Conference (1990 : Atlanta). Atlanta : Potash & Phosphate Institute, p. 1-303, 1990.
- 8 GRANT, C.A.; BAILEY, L.D. **Fertility management in canola production**. Can. J. Plant. Sci, Ontario, v. 73, n. 3, p. 651-670, 1993.
- 9 GRANT, C.A. **Sulphur requirements of canola**. Sulphur in Agriculture, Manitoba, v. 15, p. 3-6, 1991.
- 10 HAAG, H.P.; CASARINI, M.A.G.S.; DECHEN, A.R. **Nutrição mineral da colza (*Brassica napus L*) I. carências nutricionais**. Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, v. 40, p. 87-94, 1983.
- 11 HENKLAIN, J.C.; MEDEIROS, G.B.; FARIAS, G.S. **Guia de campo para identificação de solos no Estado do Paraná: solos da região do 3º planalto**. IAPAR, Londrina, n.10, p. 5-37, 1986.
- 12 HOLMES, M.R.S.; AINSLEY, A.M. **Fertilizer requirements of spring oilseed rape**. J. Sci. Fd. Agric., [S.L.], v. 28, n. 3, p. 301-311, 1977.
- 13 ICI SEMILLAS. **Iciola Canola híbrida**. [S.L.] : ICI Semillas, n. 8, p. 1-39, 1990?

- 14 JANZEN, H.H.; BETTANY, J.R. **Sulphur nutrition of rapeseed: I. Influence of fertilizer nitrogen and sulfur rates.** Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, v. 48, n. 1, p. 100-107, 1984 a.
- 15 JANZEN, H.H.; BETTANY, J.R. **Sulfur nutrition of rapeseed II. effect of time of sulphur application.** Soil Sci. Soc. Am. J., Madison, v. 48, n. 1, p. 107-112, 1984 b.
- 16 KARAMANOS, R.E.; JANZEN, H.H. **Crop response to elemental sulphur fertilizers in central Alberta.** Can.J.Soil Sci., Saskatchewan, v. 71, p. 213-225, 1991.
- 17 KARAMANOS, R.E.; JANZEN, H.H. **Yield response to elemental sulphur over a three year period.** Alberta Soil Science Workshop, Edmonton, n. 3, p. 42-50, 1989.
- 18 KJELLQUIST, T.; GRUVAEUS, I. **Sulphur deficiency in oilseed rape and cereals, experience from swedish field trials.** Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunde, [S.L.], v. 158, n. 1, p. 101-103, 1995.
- 19 KOEHLER, H.S. **Estatística experimental.** Curitiba : UFPR. Departamento de Fitotecnia, p. 1-124, 1994.
- 20 LARA, A.B.W.H.; NAZÁRIO, G.; ALMEIDA, M.E.W.; PREGUELATTO, W. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz, métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** 2 ed. São Paulo : Instituto Adolfo Lutz/ Coordenadoria dos Serviços Técnicos e Especializados, v. 1, p. 5-371, 1976.
- 21 LEITE, J.P. **Tabelas de conversão de fertilizantes.** 6 ed. São Paulo : Nobel, p. 1-184, 1986.
- 22 MAILER, R.J. **Effects of applied sulphur on glucosinolate and oil concentrations in the sees of rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*Brassica rapa* L. var. *silvestris* (Lam.) Briggs).** Aust. J. Agric. Res., [S.L.], v. 40, p. 617-624, 1989.
- 23 MALAVOLTA, E. *et al.* **Efeitos de doses e fontes de enxofre em culturas de interesse econômico. II colza (*Brassica napus* L. var. *oleifera*).** São Paulo : Centro Nacional de Pesquisa e Promoção do Sulfato de Amônio, n. 3, p. 5-60, 1984.
- 24 MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** 3. ed. Piracicaba : Ceres, p. 5-253, 1980.
- 25 MALAVOLTA, E. *et al.* **Sulphur responses of brazilian crops.** Journal of Plant Nutrition, Piracicaba, v. 10, n. 9, p. 2153-2158, 1987.
- 26 MELLO, F.A.F. *et al.* **Fertilidade do Solo.** 2. ed. São Paulo : Nobel, p. 7-400, 1984.
- 27 MENGEL, Konrad; KIRKBY, Ernest A. **Principles of plant nutrition.** 4. ed. Bern : International Potash Institute, p. 4-687, 1987.
- 28 MERRIEN, A. **Double low oilseed rape in France: factors affecting glucosinolate levels.** Aspects of Applied Biology, [S.L.], n. 23, p. 109-116, 1989.

- 29 NUTTALL, W.F.; BOSWELL, C.C.; SWANNEY, B. **Influence of sulphur fertilizer placement, soil moisture and temperature on yield response of rape to sulphur-bentonite.** Fertilizer Research, Saskatchewan, v. 25, n. 2, p. 107-114, 1990.
- 30 NUTTALL, W.F. *et al.* **The effect of time of application and placement of sulphur fertilizer sources on yield of wheat, canola, and barley.** Commun. In Soil Sci. Plant Anal., Saskatchewan, v. 24, n. 17 & 18, p. 2193-2202, 1993.
- 31 NUTTALL, W.F.; UKRAINETZ, H. **The effect of time of S application on yield and sulphur uptake of canola.** Commun. In Soil Sci. Plant Anal., Saskatchewan, v. 22, n. 3 & 4, p. 269-281, 1991.
- 32 ORGANIZAÇÃO DAS COOPERATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Recomendações técnicas para o cultivo de canola no estado do paraná em 1994.** Cascavel : OCEPAR, n. 23, p. 11-125, 1994.
- 33 PEDERSEN, C.A.; SCAIFE, A. **Sulphur deficiency in oilseed rape in Denmark - impact on yield and need for sulphur application.** Wellesbourne : European Society for Agronomy, p. 1-281, 1992.
- 34 POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente.** 2. ed. Brasília : AGIPLAN./M.A., p. 1-288, 1985.
- 35 RAYMER, P.L.; DAY, J.D.; BENNET, R.B. (Ed.). **1992-93 canola performance tests.** The Georgia Agricultural Experiment Station, [S.L.], n. 622, p. 1-11, 1993.
- 36 RIBEIRO, P.G.F. **Ensaio regional de cultivares de canola em Londrina-PR, 1994.** In: III Seminário estadual de pesquisa de canola. (1994 : Londrina). Londrina : IAPAR, p. 5, 1994.
- 37 ROLLIER, M.; FERRIF, J.P. **Le colza et le soufre.** C.E.T.I.O.M., Paris, v. 24, n. 8-9, p.491-496, 1969.
- 38 SCHNUG, E.; HANEKLAUS, S. **The ecological importance of sulphur.** Norwegian Journal of Agricultural Sciences, [S.L.], n. 15, p. 149-156, 1994.
- 39 SCHNUG, E. **Double low oilseed rape in west Germany: sulphur nutrition and glucosinolate levels.** Aspects of Applied Biology, [S.L.], n. 23, p. 67-82, 1989.
- 40 SCHUCK, E. **Doenças da colza: um guia para o levantamento e graduação da incidência de doenças.** Porto Alegre : IPAGRO, p. 1-19, sd.
- 41 SPENCER, K.; FRENEY, J.R.; JONES, M.B. **A preliminary testing of plant analysis procedures for the assessment of the sulphur status of oilseed rape.** Aust. J. Agric. Res., Canberra, v. 35, n. 2, p.163-175, 1984.

- 42 SWAN, M.; SOPER, R.J.; MORDEN, G. **The effect of elemental sulphur, gypsum and ammonium thiosulfate as sulfur sources on yield of rapeseed.** Commun. In Soil Sci. Plant Anal., Winnipeg, v. 17, n. 12, p. 1383-1390, 1986.
- 43 THOMAS, P. **Canola growers manual: grow with canola.** Canola Council of Canada, Winnipeg, p. 101-1424, 1984.
- 44 TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers.** 4.ed. New York : Macmillan Publishing Company, p. 292-342, 1985.
- 45 USHERWOOD, N.R. **Canola production for southeast agriculture.** Better Crops With Plant Food, Norcross, GA, v. 77, n. 4, p. 16-19, 1993.
- 46 WITHERS, P.J.A. **The response of winter oilseed rape and cereals to sulphur fertilisers.** J. Sci. Food Agric., London, v. 63, n. 1, p. 118, 1993.
- 47 WITHERS, P.J.A. **Winter oilseed rape: effects of sulphur on seed glucosinolate content and seed yield.** HGCA, Oilseeds Project Report, London, v. 11, n. 2, p.1-21, 1992.
- 48 ZHAO, F.; EVANS, E.J.; BILSBORROW, P.E.; SYERS, J.K. **Influence of sulphur and nitrogen on seed yield and quality of low glucosinolate oilseed rape (*Brassica napus* L.).** J. Sci. Food Agric., Newcastle, v. 63, p.29-37, 1993.

7 ANEXOS

ANEXO 1 RESUMO DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA DA ESTATURA DE PLANTAS EM CM, QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA E PRODUÇÃO DE GRÃOS EM KG/HA, OBTIDOS DO ENSAIO CONDUZIDO EM 1994.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	QUADRADOS MÉDIOS					
		Estatura de plantas em cm		Matéria seca em t/ha		Produção de grãos em kg/ha	
Blocos	2	11,521	NS	0,090	*	5911,215	NS
Doses	3	6074,526	**	11,075	**	1830268,149	**
Épocas	3	122,743	**	2,066	**	1174538,239	**
Doses X Épocas	9	127,613	**	0,697	**	268380,229	**
Erro Experimental	30	11,232		0,025		2155,548	
Bartlett		0,147		0,581		0,121	
C.V. %		2,83		6,13		5,96	

NS = Não significativo

* = Significativo à 5% de probabilidade

** = Significativo à 1% de probabilidade

C.V. % = Coeficiente de variação

ANEXO 2 RESUMO DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA DO TEOR DE ÓLEO EM %, TEOR DE PROTEÍNAS EM %, TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM % DO TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS E DO LOGARITMO DO TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM $\mu\text{mol/g}$ DE FARELO x 1000, OBTIDOS DO ENSAIO CONDUZIDO EM 1994.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	QUADRADOS MÉDIOS							
		Teor de óleo em %		Teor de proteínas em %		Teor de ácido erúcido em %		Teor de glucosinolatos em $\mu\text{mol/g}$	
Blocos	2	1,188	NS	1,021	NS	0,000	NS	219,074	NS
Doses	3	4,688	NS	157,833	**	0,055	**	133547,129	**
Épocas	3	17,743	**	65,389	**	0,030	**	186158,248	**
Doses X Épocas	9	3,817	NS	11,000	**	0,006	*	50238,624	**
Erro Experimental	30	1,943		2,799		0,002		298,780	
Bartlett		0,981		0,686		0,07		0,118	
C.V. %		3,51		6,65		10,08		2,12	

NS = Não significativo

* = Significativo à 5% de probabilidade

** = Significativo à 1% de probabilidade

C.V. % = Coeficiente de variação

ANEXO 3 RESUMO DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA DO LOGARITMO DA ESTATURA DE PLANTAS EM CM, DO NÚMERO DE RAMIFICAÇÕES POR PLANTA, DO QUOCIENTE DE 1/NÚMERO DE SÍLIQAS POR PLANTA x 1000, DA QUANTIDADE TOTAL DE MATÉRIA SECA E DO NÚMERO DE GRÃOS POR SÍLIQA, OBTIDOS DO ENSAIO CONDUZIDO EM 1995.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	QUADRADOS MÉDIOS									
		Estatura de plantas em cm		Número de ramificações por planta		Número de síliqas por planta		Matéria seca em t/ha		Número de grãos por síliqua	
Blocos	2	0,001	NS	1,313	NS	7,326	**	0,056	NS	0,250	NS
Doses	3	0,064	**	7,333	**	139,213	**	30,034	**	127,632	**
Épocas	3	0,008	**	16,722	**	19,182	**	8,612	**	52,354	**
Doses X Épocas	9	0,002	**	2,426	**	8,236	**	1,782	**	7,836	*
Erro Experimental	30	0,001		0,779		1,342		0,051		2,761	
Bartlett		0,090		0,972		0,999		0,559		0,791	
C.V. %		1,10		13,58		13,69		4,83		11,51	

NS = Não significativo

* = Significativo à 5% de probabilidade

** = Significativo à 1% de probabilidade

C.V. % = Coeficiente de variação

ANEXO 4 RESUMO DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA DO QUOCIENTE DE 1/RAÍZ QUADRADA DA PRODUÇÃO DE GRÃOS EM KG/HA x 1000, DO TEOR DE ÓLEO EM %, TEOR DE PROTEÍNAS EM % E DO QUOCIENTE DE 1/TEOR DE ÁCIDO ERÚCICO EM % DO TOTAL DE ÁCIDOS GRAXOS, OBTIDOS DO ENSAIO CONDUZIDO EM 1995.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	QUADRADOS MÉDIOS							
		Produção de grãos em kg/ha		Teor de óleo em %		Teor de proteínas em %		Teor de ácido erúrico em %	
Blocos	2	0,205	NS	2,021	NS	0,188	NS	24,741	NS
Doses	3	2295,448	**	12,028	**	267,806	**	27,949	**
Épocas	3	428,349	**	1,583	NS	35,861	**	8,911	**
Doses X Épocas	9	75,796	**	3,602	NS	9,213	*	12,488	**
Erro Experimental	30	0,465		2,354		3,365		1,024	
Bartlett		0,068		0,842		0,249		0,1673	
C.V. %		1,92		3,72		7,16		11,04	

NS = Não significativo

* = Significativo à 5% de probabilidade

** = Significativo à 1% de probabilidade

C.V. % = Coeficiente de variação

ANEXO 5 RESUMO DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA DA RAIZ QUADRADA DO TEOR DE GLUCOSINOLATOS EM $\mu\text{mol/g}$ DE FARELO, DA PORCENTAGEM DE GERMINAÇÃO E DA PORCENTAGEM DE VIGOR, OBTIDOS DO ENSAIO CONDUZIDO EM 1995.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	QUADRADOS MÉDIOS					
		Glucosinolatos em $\mu\text{mol/g}$		% de Germinação		% de Vigor	
Blocos	2	0,001	NS	18,583	NS	872,521	NS
Doses	3	3,505	**	3,743	**	970,972	NS
Épocas	3	1,251	**	218,576	**	1403,361	*
Doses X Épocas	9	0,746	**	71,280	**	695,880	NS
Erro Experimental	30	0,028		11,961		411,365	
Bartlett		0,055		0,056		0,591	
C.V. %		6,19		4,02		43,35	

NS = Não significativo

* = Significativo à 5% de probabilidade

** = Significativo à 1% de probabilidade

C.V. % = Coeficiente de variação